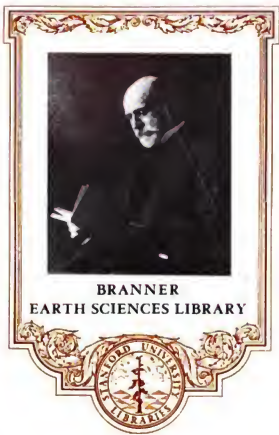
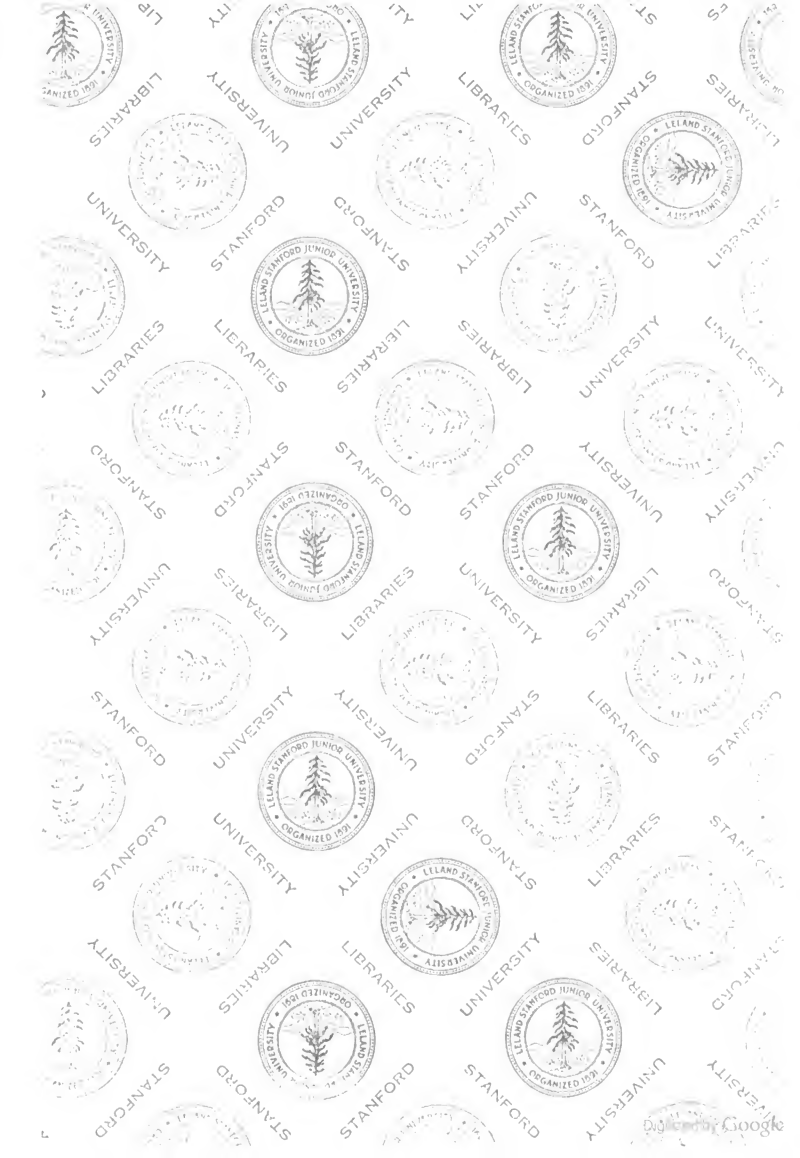


Abhandlungen der Hessische geologische Landesanstalt ...

Hesse (Germany). Geologische Landesanstalt,
Hesse (Germany). Grossherzoglich Hessischen ...





STANFORD UNIVERSITY
FEB 1962
GEOLOGY
LIBRARY

ABHANDLUNGEN
DER
GROSSHERZOGLICH HESSISCHEN
GEOLOGISCHEN LANDESANSTALT
ZU DARMSTADT.

Band I. Heft 1.



DARMSTADT.
IN COMMISSION BEI A. BERGSTRÄSSER.
1884.

EINLEITENDE BEMERKUNGEN
ÜBER DIE
GEOLOGISCHEN AUFNAHMEN

IM
GROSSHERZOGTHUM HESSEN
VON
R. LEPSIUS.

CHRONOLOGISCHE UEBERSICHT
DER
GEOLOGISCHEN UND MINERALOGISCHEN LITERATUR

ÜBER DAS
GROSSHERZOGTHUM HESSEN

ZUSAMMENGESTELLT VON
C. CHELIUS.



DARMSTADT.
IN COMMISSION BEI A. BERGSTRÄSSER.
1884.

Druck von H. Brill in Darmstadt.

Einleitende Bemerkungen über die geologischen Aufnahmen im Grossherzogthum Hessen.

Die mannichfaltige Zusammensetzung des Bodens in den drei Provinzen des Grossherzogthums Hessen, die häufigen Funde fossiler Thierreste und die oft wiederkehrenden Erdbeben haben seit den Zeiten, in welchen sich überhaupt die Aufmerksamkeit auf geologische Erscheinungen richtete, nämlich seit Ende des vorigen Jahrhunderts, stets ein hervorragendes Interesse an geologischer Forschung in unserm Lande erregt. Den grösseren Theil der Provinz Oberhessen bedecken die weit ausgebreiteten Lava-Ströme des Vogelsberges; von diesem vulkanischen Gebiete getrennt durch die fruchtbare, aus tertiären und diluvialen Ablagerungen gebildete Einsenkung der Wetterau, schauen von Westen her die Ausläufer des aus devonischen Schichten bestehenden Rheinischen Schiefergebirges in die Provinz hinein. Der rechtsrheinische Theil des südlichen Landes, die Provinz Starkenburg, umfasst die aus vielen verschiedenen krystallinen Gesteinen zusammengesetzten Bergzüge des westlichen Odenwaldes mit der Bergstrasse, die östlich anschliessenden Sandstein-Plateaus des hinteren Odenwaldes und die tiefliegende, mit diluvialen Sanden ausgefüllte Rheinebene, welche mit ihrem Centrum, der Stadt Gross-Gerau, seit jeher den Erschütterungen zahlreicher Erdbeben ausgesetzt war. Jenseits des Rheines endlich dehnen sich die flachen Hügelzüge der tertiären Schichten des Mainzer Beckens aus, bedeckt von fruchtbarem Löss; Rheinhessen ist bekannt als eine reiche Fundgrube fossiler Thierreste,

und hat besonders Eppelsheim, ein Dorf zwischen Worms und Alzey gelegen, durch die interessante Fauna fossiler Säugethiere einen berühmten Namen gewonnen.

Goethe's Freund, der Kriegerath Merck in Darmstadt, sammelte und beschrieb bereits vor hundert Jahren die fossilen Reste von Elephanten und Rhinoceros, welche in den diluvialen Sanden am Rhein bei Erfelden und an der Bergstrasse bei Nieder-Beerbach gefunden wurden. In den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts begann A. von Klipstein seine Untersuchungen über die Gesteine und Erzlagerstätten des Grossherzogthums von Darmstadt aus, während gleichzeitig J. Kaup, als Inspector am Grossherzoglichen Museum zu Darmstadt, und Hermann von Meyer in Frankfurt ihr erfolgreiches Studium den zahlreichen fossilen Thierresten des Mainzer Beckens zuwandten.

Beauftragt von der Grossherzoglichen Regierung hatte Klipstein das ganze Land bereist, um es geognostisch zu erforschen; das Ergebniss dieser Studien waren die ersten geologischen Uebersichtskarten der drei Provinzen (1826, 1827, 1834) und eine reichhaltige Sammlung der im Grossherzogthum vorkommenden Gesteine, welche Sammlung noch heute einen werthvollen Theil der geologischen Abtheilung des Darmstädter Museums bildet. Als Klipstein später nach Giessen übersiedelt war, widmete er sich vorwiegend der Untersuchung der devonischen Schichten des oberhessischen Hinterlandes und bemühte sich zugleich, den Bergbau jener Gegenden durch anregende Belehrung zu fördern. Er fasste damals den Plan, eine genaue geologische Beschreibung des ganzen Grossherzogthums und die geologische Kartirung der Generalstabskarten im Massstabe von 1 : 50 000 zu unternehmen. Aus dem Prospect, welchen Klipstein im Jahre 1851 über dieses grossartig geplante Werk veröffentlichte, verdient die Eintheilung des ganzen Landes Erwähnung, auf Grund deren Klipstein in zwölf Monographien mit geognostischen Karten und Profilen die Geologie des Grossherzogthums zur Darstellung bringen wollte; diese Eintheilung des Landes auf geologischer Grundlage war die folgende:

- I. Nordwestliche Hauptabtheilung: Vorzugsweise das transitive Gebirge und die ihm angehörenden Grünstein- und Schaalsteinbildungen mit ihren Erzformationen umfassend:
1. District: Südliches Hinterländergebirge, oder Gegenden zwischen der Dill und der Salzböden.
 2. District: Nördliches Hinterländergebirge, oder obere Lahn- und Edergegenden.
 3. Gebirge zwischen der unteren Lahn und der Dill.
 4. Gebirge auf der linken Lahnseite gegen den Taunus.
- II. Nordöstliche Hauptabtheilung: Das vulkanische, sowie das secundäre und tertiäre Gebiet des Vogelsgebirges, der Wetterau etc.
5. District des Vogelsgebirges.
 6. District der Wetterau.
 7. District der Main- und Kinziggegenden.
 8. District der Rabenau und Ohmgegenden.
- III. Südöstliche Hauptabtheilung: Das Primitivgebirge des Odenwaldes und Spessarts und die dasselbe zunächst umgebenden Secundärbildungen.
9. District des Odenwaldes.
 10. District des Spessarts.
- IV. Südwestliche Hauptabtheilung: Tertiärgebirge des linken Mittelrheins und das sich ihm anschliessende ältere Flötzgebirge etc.
11. District des tertiären Mittelrheins.
 12. Gebirge des Donnersberges und der Nahegegenden.

Die erste der von Klipstein beabsichtigten Monographien erschien im Jahre 1852 und behandelte in sehr eingehender und sachgemässer Weise das südliche Hinterländer Gebirge zwischen der Dill und der Salzböden. Obwohl dieser stattliche Band und das dazu gehörige Sectionsblatt Gladenbach ohne Nachfolger blieben, so beweist der Inhalt dieses Werkes doch, wie ernst und tüchtig der Verfasser seine grosse Aufgabe in Angriff genommen hatte, eine Aufgabe, welche naturgemäss die Kräfte eines einzelnen Gelehrten überschreiten musste.

Inzwischen hatte sich der in Darmstadt im Jahre 1845 gegründete Verein für Erdkunde und verwandte Wissenschaften, der auch in anderen, besonders in statistischen und historischen Beziehungen die Verhältnisse des Grossherzogthums zu erforschen bestrebt war, dem geologischen Studium des Landes zugewendet. Schon im Jahre 1850 konnte dieser Verein in seinen Beiträgen zur Landes-, Volks- und Staatskunde die erste geognostische Skizze des Grossherzogthums bringen, welche von dem tüchtigsten geologischen Mitgliede des Vereins, dem Oberst F. Becker verfasst war; eine geologische Uebersichtskarte des ganzen Landes und der angrenzenden Gebiete begleitete diese Darstellung.

Bald darauf (1852) erschien eine ähnliche, jedoch bereits bedeutend inhaltsreichere Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Grossherzogthums von Friedrich Voltz in Mainz. Voltz hatte sich vorwiegend mit der Untersuchung des Mainzer Beckens unter Anleitung des besten Kenners desselben, Fr. Sandberger in Wiesbaden, beschäftigt. Es ist sehr zu bedauern, dass eine so tüchtige Kraft und ein so scharfer und ruhiger Beobachter, wie Voltz war, dem Lande nicht erhalten blieb, und dass dieser Mann keinen Einfluss gewinnen konnte auf die geologischen Aufnahmen des Grossherzogthums: er folgte im Jahre 1853 einem Rufe der holländischen Regierung, um an der Erforschung von Surinam in Süd-Amerika theilzunehmen, und erlag bereits nach zweijähriger Arbeit in Paramaribo dem gelben Fieber, gerade als er im Begriff stand, nach Europa zurückzukehren.

Jedoch war es Voltz noch vergönnt, an der Gründung und den ersten Arbeiten des Mittelrheinischen Geologischen Vereins sich zu betheiligen. Auf Anregung des Vorstandes des Vereins für Erdkunde zu Darmstadt, der Herren Oberst F. Becker und Geheime-rath L. Ewald zu Darmstadt, sowie von Dr. Ernst Dieffenbach, Professor der Mineralogie zu Giessen, traten im Jahre 1851 zu Frankfurt eine Anzahl von Männern zusammen, welche in Würdigung des grossen wissenschaftlichen und praktischen Nutzens einer genauen geologischen Aufnahme des Landes dem neuen Vereine die

Aufgabe stellten, alle vorhandenen Kräfte zu gemeinsamer, zielbewusster Arbeit zu sammeln und eine geologische Specialkarte im Masstab von 1:50000 des in dem Verein vertretenen Gebietes herauszugeben. Nach der im Notizblatt des Vereins für Erdkunde im April 1857 publicirten Uebersicht sollte diese Specialkarte des mittelrheinischen geologischen Vereins auf nicht weniger als 56 Sectionen umfassen die Länder gelegen zwischen Cassel und Heidelberg, zwischen Eisenach in Thüringen und Bingen am Rhein; demnach sollten ausser dem Grossherzogthum Hessen auch das Kurfürstenthum Hessen, die Landgrafschaft Hessen-Homburg, das Herzogthum Nassau und Theile von Preussen, Thüringen und Baden geologisch kartirt werden. In derselben Uebersicht 1857 konnte berichtet werden, dass von den 56 Blättern bereits 30 in Angriff genommen und vier Sectionen (Giessen, Friedberg, Büdingen und Offenbach) vollendet seien. Als Mitarbeiter werden in den ersten Jahren der Thätigkeit des mittelrheinischen geologischen Vereins die folgenden Herren genannt:

- Hauptmann F. Becker in Darmstadt (verst. 1875 als Oberst).
- Bergrath von Chrismar in Rappenu bei Wimpfen.
- Berghauptmann H. von Dechen in Bonn.
- Professor Dr. Ernst Dieffenbach in Giessen (verst. 1856).
- Professor Dr. W. Dunker in Marburg.
- Pfarrer Fr. Greim zu Selzen in Rheinhessen (jetzt Geh. Oberschulrath in Darmstadt).
- Lehrer A. Grooss in Nieder-Ingelheim am Rhein.
- Schulinspector W. Gutberlet in Fulda (verst. 1864).
- Bergmeister Jäger zu Dorheim in Oberhessen.
- Rath Dr. Herbst in Weimar.
- Professor Dr. G. Leonhard in Heidelberg (verst. 1878).
- Bankdirector R. Ludwig in Darmstadt (verst. 1880).
- Dr. F. Sandberger in Wiesbaden (jetzt Professor in Würzburg).
- Dr. F. Sandmann zu Lauterbach in Oberhessen.
- Oberbergrath A. Schwarzenberg in Cassel (verst.).
- Lehrer Ph. Seibert in Bensheim an der Bergstrasse.

Professor Dr. F. Senft in Eisenach.

Salinenspector H. Tasche in Salzhausen (verst. 1864).

Pfarrer G. Theobald in Hanau (verst. als Professor in Chur
in der Schweiz).

Dr. F. Volger in Frankfurt am Main.

Lehrer Dr. Friedrich Voltz in Mainz (verst. 1855).

Die Geschäftsführung des mittelrheinischen geologischen Vereins lag von 1851—1880 fast ausschliesslich in Händen des verdienstvollen Leiters des Vereins für Erdkunde zu Darmstadt, Geheimrath L. Ewald, welchem es vorwiegend zu danken ist, dass der mittelrheinische geologische Verein mit verhältnissmässig geringen Mitteln viel geleistet hat; auch die Verbindung der Geologie mit der geographischen und statistischen Landeskunde, wie sie jetzt in Deutschland allgemein als fruchtbringend anerkannt worden ist, stellte Ewald mit Erfolg stets voran in den Bestrebungen der beiden von ihm gegründeten und geleiteten Vereine.

Der Plan des mittelrheinischen geologischen Vereins, eine Specialkarte des Vereins-Gebietes in dem Massstabe 1:50 000 zu bearbeiten, war für die damalige Zeit, als der Verein sich bildete, ein ebenso kühnes als verdienstliches Unternehmen. In keinem andern Lande ist eine geologische Specialaufnahme durch einen Verein von Privaten unternommen worden; auch die meisten geologischen Staatsanstalten, welchen die Landesaufnahme oblag, sind jünger als der mittelrheinische geologische Verein: nur England gründete seine geologische Staatsaufnahme bereits im Jahre 1845 und Oestreich-Ungarn seine k. k. geologische Reichsanstalt zu Wien im Jahre 1849, während die Anstalten der übrigen Staaten erst in späteren Jahren entstanden.

Der mittelrheinische geologische Verein hat vom Jahre 1855 an bis zum Jahre 1872 siebzehn Sectionen der geologischen Specialkarte des Grossherzogthums Hessen auf Grundlage der Generalstabkarte im Massstabe von 1:50 000 mit erläuternden Texten, mit Höhenverzeichnissen, Tafeln und Profilen herausgegeben; es sind das die siebzehn Vollblätter der topographischen Karte des

Grossherzogthums, die Randsectionen fehlen; von letzteren liegen jedoch einige im Manuscript bei den Akten des Vereins¹⁾.

Entgegen den in den fünfziger Jahren gehegten Plänen wurden vom mittelrheinischen geologischen Vereine demnach nur Kartenblätter des Grossherzogthums Hessen herausgegeben. Es lag dies daran, dass Kurhessen unter Leitung von Professor Dunker in Marburg seine eigene geologische Staatsanstalt gründete, in Nassau nach Sandberger's Fortgang von Wiesbaden kein anderer Geologe sich an den Vereinsarbeiten beteiligte; Preussen liess von H. von Dechen seit 1855 die bekannte geologische Karte von Rheinland und Westfalen herausgeben und gründete später die geologische Landesanstalt zu Berlin zur Aufnahme des ganzen Königreiches auf Grundlage der Karten im Massstabe von 1:25 000. Obwohl Becker und Ewald noch 1855 in ihrem Berichte über die Wirksamkeit des mittelrheinischen geologischen Vereines betonten, dass es Zweck des Vereines sei, „die geologischen Arbeiten im südwestlichen und mittleren Deutschland zu einem grösseren gleichförmigen Ganzen zu verbinden“, blieben die Publikationen des Vereines dennoch ausschliesslich auf das Grossherzogthum Hessen beschränkt, schon deswegen, weil allein die Grossherzoglich Hessische Staatsregierung dem Vereine die für die Herausgabe der Karten nothwendigen Geldmittel zuwandte.

Von den siebzehn Sectionen der geologischen Specialkarte des Grossherzogthums sind acht von R. Ludwig allein bearbeitet, bei fünf weiteren wird sein Name neben anderen Mitarbeitern auf dem Titel der Karten und Texte genannt; auch bei den übrigen vier von Dieffenbach, Tasche, Gutberlet und Grooss bearbeiteten Sectionen (siehe unten pag. 43—45) hat Ludwig zum Theil mitgewirkt, sodass die publicirten Blätter der geologischen Specialkarte wesentlich als das Werk des nun verstorbenen Bankdirectors R. Ludwig zu bezeichnen sind. Es wäre nun wohl wünschenswerther gewesen,

¹⁾ Auch ein kurhessisches Blatt, Section Schlüchtern, in 1:50 000, bearbeitet von R. Ludwig, mit Text liegt fertig in den Akten vor, neben einigen anderen unvollendeten kurhessischen Blättern.

wenn Ludwig seinen Mitarbeitern einen freieren Spielraum gelassen hätte, da die letzteren zum Theil gediegenere geologische Kenntnisse besaßen und genauer arbeiteten als Ludwig — hatte dieser doch sogar gelegentlich die geologischen Aufnahmen der anderen Arbeiter auf den Karten vor der Herausgabe nach vorgefassten Theorien unrichtig verändert¹⁾. Immerhin ist in den Publikationen des mittelrheinischen geologischen Vereines eine Fülle von brauchbarem Material für spätere genaue Aufnahmen angesammelt worden. Zugleich wurden in dem Notizblatt des Vereines für Erdkunde, welches auch Organ des mittelrheinischen geologischen Vereines war, zahlreiche Mittheilungen geologischen Inhalts und gelegentlich angestellte Beobachtungen aus allen Theilen des Landes veröffentlicht.

Der mittelrheinische geologische Verein musste Anfangs der siebziger Jahre seine dankbar anzuerkennende Thätigkeit einstellen, weil einerseits die früheren Mitarbeiter, mit Ausnahme von Ludwig, längst nicht mehr an den Aufnahmen sich beteiligten, andererseits keine jüngeren Kräfte zu den Arbeiten herangezogen wurden. Wenn

¹⁾ Als Beispiel dieses Verhaltens mag hier im besonderen darauf hingewiesen sein, dass die Manuscript-Karten des Lehrers Ph. Seibert in Bensheim ein viel richtigeres Bild der von demselben aufgenommenen Theile der Bergstrasse darbieten, als auf den publicirten Sectionen. Die unrichtige Darstellung des krystallinen Odenwaldes, welche einem jeden Geologen mit dem ersten Blick auf die betreffenden Sectionen klar entgegen tritt, ist ein Product von Ludwig's Theorie, dass die sämtlichen krystallinen Gesteine dieses Gebirges, also Granite, Syenite, Diorite, Gabbros, Gneisse, Hornblende-Schiefer, Marmore und andere, durch Metamorphose aus amorphen Sedimenten entstanden seien (siehe den Text zu Section Dieburg pag. 22—24 und vergl. Bencke und Cohen, Umgegend von Heidelberg pag. 44). Ausserdem hat Ludwig die angenommenen Grenzen zwischen den verschiedenen Gesteinszonen gradlinig wie mit dem Lineal über Berg und Thal fortgezogen, die Schichtgrenzen also falsch auf die Kartenebene projectirt.

Eine andere irrige Ansicht von Ludwig, welche verderblich für die Aufnahmen von Rheinhessen und der Wetterau wurde, war diejenige, dass er die sämtlichen Schichten des Mainzer Tertiär-Beckens für gleichzeitig gebildet ansah, und die petrographischen und faunistischen Unterschiede zwischen denselben für verschiedene Facies erklärte, hervorgerufen durch zahlreiche Flussdelta's und durch den Wechsel von marinen und brackischen Absätzen (siehe Ludwig, Ueber die Formation des wetterau-rheinischen Tertiärbeckens im Allgemeinen im Text zur Section Alzey pag. 50—61; und vergl. Weinkauff, Neues Jahrb. für Min. 1865 pag. 172—179).

schon in allen übrigen Gebieten der Wissenschaft längst an die Stelle der leichten Beschäftigung in den Musstunden die strenge Berufs-Thätigkeit getreten war, so musste dies vor allem der Fall sein in der Geologie, welche, aufgebaut auf den Resultaten aller übrigen Naturwissenschaften, von dem Forscher neben einer scharfen Beobachtung ein umfassendes Wissen als unumgängliche Grundlage verlangt. Gegenüber den bedeutenden Fortschritten der geologischen Wissenschaft in den letzten Jahrzehnten und gegenüber den in ähnlichem Verhältnisse fortschreitenden Leistungen der geologischen Landesaufnahmen in den andern deutschen und europäischen Staaten, sowie gegenüber den mannichfach hervortretenden Forderungen einer praktischen Verwerthung richtiger geologischer Specialkarten, stellte es sich endlich als unumgänglich nothwendig heraus, nicht allein die geologischen Aufnahmen des mittelrheinischen geologischen Vereines einer völligen Erneuerung zu unterziehen, sondern auch die geologische Kartirung des Grossherzogthums unter wesentlich andern Bedingungen als bisher ausführen zu lassen.

In richtiger Erkenntniss dieser Sachlage genehmigte das Grossherzogliche Ministerium des Innern im Jahre 1881 die Anträge des Vorstandes des mittelrheinischen geologischen Vereines, die geologische Aufnahme des Grossherzogthums zukünftig wie in allen andern europäischen Ländern als eine Angelegenheit des Staates zu behandeln. Mit Bewilligung der Stände wurden die bisher dem mittelrheinischen geologischen Verein von der Grossherzoglichen Regierung zugewendeten Geldmittel erhöht, um die Heranziehung geologisch geschulter Kräfte zu ermöglichen, und im Sommer 1882 eine geologische Landesanstalt zu Darmstadt errichtet, welche mit Zustimmung der noch übrigen Mitglieder des mittelrheinischen geologischen Vereines in die Pflichten und Rechte des Vereines eintrat.

Da die geologische Abtheilung des Grossherzoglichen Museums zu Darmstadt, mit welcher die neue Anstalt am besten in Verbindung gebracht worden wäre, selbst für die eigenen Sammlungen an Platzmangel leidet, hatte Seine Königliche Hoheit der Grossherzog, stets bereit, die Wissenschaft und die Erforschung Seines Landes

zu fördern, die Gnade, die sehr geeigneten Räume des Prinz Georg's Palais im Schlossgarten zu Darmstadt der geologischen Landesanstalt zur Verfügung zu stellen.

Während der mittelrheinische geologische Verein die topographische Karte im Massstabe von 1:50 000 für die geologischen Aufnahmen benutzte, wird die geologische Landesanstalt ihren Arbeiten die Karte im Massstabe von 1:25 000 zu Grunde legen, folgend dem Beispiel der meisten anderen deutschen Staaten; denn wie jetzt allgemein anerkannt ist, genügen Karten von kleinerem Massstabe als 1:25 000 nicht, um eine allen wissenschaftlichen und praktischen Zwecken entsprechende geologische Spezialkarte herzustellen. Die Karte des Grossherzogthums in dem Massstabe 1:25 000 umfasst bisher 13 Sectionen, die vierzehnte ist in Arbeit (für das ganze Grossherzogthum werden es mehr als 100 Sectionen sein); es ist zu hoffen, dass die Fortsetzung derselben in geeignetem Maasse vorrücken, und dass zugleich die nicht nur für die geologische Aufnahme, sondern auch für die meisten anderen praktischen Zwecke nothwendigen Höhengcurven eingetragen werden¹⁾.

Die bei den Aufnahmen gesammelten Bodenarten, Gesteine, Erze, Mineralien und Fossilien werden nach vorangegangener Untersuchung zu einer Sammlung vereinigt, welche das auf den Karten zur Darstellung gebrachte Bild der geologischen Beschaffenheit des Grossherzogthums in den Räumen der Landesanstalt zur directen Anschauung bringen wird.

Es ist begonnen worden mit der geologischen Aufnahme des Odenwaldes als desjenigen Gebietes, welches bisher am wenigsten erforscht ist und zugleich in seinem krystallinen Theile eine schwierige Aufgabe stellt. Im Anschluss an die bereits erschienene preussische geologische Spezialkarte der Umgegend von Frankfurt ist zunächst die Section Rossdorf kartirt, Section Messel und die weiter südlich gelegene Section Zwingenberg in Angriff genommen.

¹⁾ Die der topographischen Aufnahme zu Grunde liegenden Katasterkarten sind in dem Massstabe von 1:10 000 für das ganze Grossherzogthum vorhanden.

In Rheinessen sind die Special-Aufnahmen vorbereitet worden durch die Studien des Unterzeichneten über die geologischen Verhältnisse des Mainzer Beckens (1883); diesem Werke ist beigegeben eine Uebersichtskarte im Massstabe von 1:100 000. Desgleichen hat Professor A. Streng in Giessen die Bearbeitung der vulkanischen Gesteine des Vogelsberges begonnen, eine Arbeit, welche nothwendig den Aufnahmen in Oberhessen vorausgehen muss. Für die weiteren Fortschritte der geologischen Aufnahme im Grossherzogthum ist es wünschenswerth, gleichzeitig die auch für die Landwirthschaft wichtige speciellere Untersuchung der oberflächlichen Bodenbedeckungen und der diluvialen Ablagerungen in geeigneter Weise vornehmen zu können.

Darmstadt im Februar 1884.

R. Lepsius.

Chronologische Uebersicht
der geologischen und mineralogischen Literatur
über das Grossherzogthum Hessen.

Vorwort.

Im Folgenden kommt eine Zusammenstellung der geologischen und mineralogischen Literatur über das Grossherzogthum Hessen zur Veröffentlichung, welche als Vorarbeit für die neue geognostische Aufnahme von Hessen nothwendig erschien. Dieselbe soll sich den ähnlichen Arbeiten der Herren von Dechen für Rheinland und Westfalen, Jentzsch für Sachsen, Benecke und Rosenbusch für die Reichslande anschliessen und zugleich einen Beitrag liefern zu einer in Aussicht genommenen landeskundlichen Bibliographie für Hessen.

Von der Eioreihung von Lehrbüchern und allgemeiner geologischer Werke in das Verzeichniss wurde abgesehen, auch wenn dieselben hessische Vorkommen anführen. Die Grenzen des Grossherzogthums wurden bezüglich der Literatur da überschritten, wo Werke über nicht hessische Vorkommen vorlagen, die wichtig erschienen zum Verständniss der benachbarten hessischen Formationen.

Dass bei der Zusammenstellung eines so zahlreichen, zerstreuten Materials, wie das vorliegende, Irthümer und Lücken schwer zu vermeiden sind, ist bekannt; ich bitte deshalb um Nachsicht. Jede Berichtigung und jeden neuen Beitrag zur Literatur werde ich dankbar annehmen.

Den Herren Dr. Boettger, Bergrath Tecklenburg, Professoren von Klipstein und Streng bin ich für die mir gesandten Beiträge, Herrn Professor Dr. Lepsius für seine Unterstützung zu Dank verpflichtet.

Darmstadt, den 1. Februar 1884.

C. Chelius.

Erklärung der Abkürzungen.

- L. J. — K. C. von Leonhard, Taschenbuch für die gesammte Mineralogie in seinen verschiedenen Benennungen von 1807—1883. (Seit 1863 unter dem Titel: Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie.) Frankfurt, Heidelberg und Stuttgart.
- D. g. Z. — Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft. Berlin 1849—1883.
- O. G. — Berichte der oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde. Giessen 1847—1883.
- N. D. — Notizblatt des Vereins für Erdkunde und verwandte Wissenschaften zu Darmstadt. Darmstadt 1854—1883.
-

I.
Bücher.

1587.

Angelus, Joh., Erdbeben in Gross-Gerau am 14. Januar 1587. —
Notiz in: „Zwo Leichenpredigten bey der Leich vun Begräbniss
der Landgrävin Magdalenen zu Hessen gehalten zu Darmstadt.“
Frankfurt a. M. — Vergl. Dr. Stromberger, Hessische Fürstinnen I.
Offenbach a. M. 1857.

1687.

Geyer, Joh. Dan., Schediasma de montibus conchiferis ac glosso-
petris Alzeiensibus, Francofurti et Lipsiae. — Aus: Catalogus
corporum lapide factorum agri Veronensis, quae apud J. Jacobum
Spadam asservantur etc. Veronae 1744.

1701.

Kleinschmidt, O. Fried., Fodinae in Landgraviatu Hasso-Darm-
statino inventae et in alma Ludoviciana oratione die XXXI. Jan.
MDCCI habita descriptae et laudatae. Giessae Cattorum.

1709.

Valentini, M. B., Armamentarium naturae systematicum cum historia
litteraria etc. Giessae Hassorum. — Vergl. 1707 eiusdem Pro-
dromus historiae naturalis Hassiae etc. — De fossilibus Hassiae
p. 14—24.

1714.

Liebknecht, J. G., Discursus de diluvio maximo occasione inuenti
nuper in comitatu Laubacense, et ex mira metamorphosi in
mineram ferri mutati ligni cum observationibus geodactis, aëro-
scopicis, hydrographicis et aliis, praesertim quoad terram sigil-
latam huius loci et limum novo modo in verum ferrum muta-
tum etc. Cum tabula hydrographica. Giessae et Francofurti.

1730.

Liebknecht, J. G., *Hassiae subterraneae specimen clarissima testimonia diluvii universalis etc. exhibens.* Giessae et Francofurti.

1767.

Cancrinus, F. L., *Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerke in Hessen, in dem Waldeckischen, an dem Harz, in dem Mansfeldischen, in Chursachsen und dem Saalfeldischen.* Frankfurt a. M.

1769.

Hoepfner, E. J. Th., *Dissertatio historico-physica de re Cattorum metallica.* Giessae Cattorum.

1777.

Collini, C., *Tagebuch einer Reise, welches verschiedene mineralogische Beobachtungen besonders über die Agate und den Basalt enthält etc.* — Aus dem Französischen übersetzt und mit Anmerkungen begleitet von J. S. Schröter. Mannheim.

1779.

Baumer, J. G., „Basalte der Umgegend von Giessen“ in: *Fundamenta geographiae et hydrographiae subterraneae.* Giessae.

Klipstein, Ph. E., *Mineralogischer Briefwechsel.* Giessen. — 2 Bände. 1781—1784.

1782.

Merck, J. H., *Lettre à Mr. de Cruse; seconde lettre à Mr. de Cruse; troisième lettre à Mr. Forster sur les os fossiles d'Éléphants et de Rhinocéros, qui se trouvent dans le pays de Hesse-Darmstadt.* Mit 10 Tafeln. Darmstadt 1782—1786.

1784.

May, *Fossilien bei Eberstadt.* Darmstadt.

1787.

Cancrin, F. L. v., *Geschichte und systematische Beschreibung der in der Grafschaft Hanau-Münzenberg etc. gelegenen Bergwerke.* Mit Tafel. Leipzig.

1788.

Klipstein, Ph. E., *Ältere und mittlere Geschichte des Salzwerkes zu Salzhausen bei Nidda.* — Vorgelesen den 20. Hornung.

1790.

Klipstein, Ph. E., Versuch einer mineralogischen Beschreibung des Vogelsgebirges in der Landgrafschaft Hessen-Darmstadt. Berlin.

1794.

Voigt, C. W., „Reise nach Frankfurt, Mainz u. Bingen.“ Aus: Mineralogische Beschreibung des Hochstifts Fuld und einiger merkwürdigen Gegenden am Rhein und Mayn. Leipzig. §. 50, 68—105. (Erste Auflage 1783.)

1799.

Cramer, L. W., Mineralogische Anzeige über ein paar neuerlich aufgefundene grosse Merkwürdigkeiten im Eisenstein aus dem Hachenburgischen und Isenburgischen. — Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin, Neue Schriften Bd. II. S. 292—302.

1803.

Jordan, J. L., „Basalt und basaltischer Mandelstein, Hyalith und Halbopal bei Frankfurt a. M.“ — Aus: Mineralogische, berg- und hüttenmännische Reisebeschreibung, vorzüglich in Hessen etc. gesammelt. Göttingen. S. 140—147.

1805.

Faujas de Saint-Fond., Barth., Voyages géologiques depuis Mayence jusqu'à Oberstein. — Annales du Muséum national d'histoire naturelle V. Paris.

Leonhard, C. C., „Topographische Mineralogie von Hessen-Darmstadt“ in: Handbuch einer allgemeinen topographischen Mineralogie. Siehe Bd. III. S. 184—185.

1806.

Faujas de Saint-Fond., Barth., Des coquilles fossiles des environs de Mayence. — Ann. du Mus. d'hist. nat. VI. Paris.

1808.

Engels, J. D., Ueber den Bergbau der Alten in den Ländern des Rheins, der Lahn und der Sieg. Siegen.

1812.

Leonhard, C. C., Beiträge zu einer mineralogischen Topographie der

Wetterau. — Beiträge der Wetterauischen Gesellschaft für die
gesamte Naturkunde zur Mineralogie. Hanau. I. 1. S. 1—24.

1818.

Leonhard, C. C., Beiträge zu einer mineralogischen Topographie
der Wetterau. Fortsetz. Siehe 1812.

1819.

Steuinger, J., Geognostische Studien am Mittelrhein. Mainz.

1820.

Keferstein, Ch., Geognostische Bemerkungen über die basaltischen
Gebilde des westlichen Deutschlands etc. Halle. Vergl. L. J.
S. 340.

1822.

Oeynhausens, Fr. v., Geognostische Reisebemerkungen über die Ge-
birge der Bergstrasse, der Hardt, des Donnerbergs und des
Hundsrttekens, im Auszug mitgetheilt von J. Noeggerath in:
das Gebirge in Rheinland-Westphalen nach mineralogischem und
chemischem Bezuge. Mit Profilen. Bd. I. S. 146—270.

Steininger, J., Erläuternde Bemerkungen zur Gebirgskarte der
Länder zwischen dem Rheine und der Maas. Mainz.

1823.

Klipstein, A., „Das geognostische Verhalten des Mandelsteins bei
Darmstadt; Trapp-Sandstein von Mfinzenberg; Basalt daselbst.“
Darmstadt. Vergl. L. J. 1824, II. S. 251.

Schmidt, Fr., Einige Zusätze zu Fr. v. Oeynhausens's geognostischen
Reisebemerkungen über die Gebirge der Bergstrasse in J. Noeg-
gerath, das Gebirge in Rheinland-Westphalen. Bd. II. S. 172—188.
Mit Profil.

1824.

Schmidt, J. Ch. L., Vom rheinischen Uebergangsgebirge an der
Mosel und den flötzartigen Umgebungen desselben zwischen den
Ardennen, den Vogesen und dem Odenwalde. — Archiv f. d. ges.
Naturlehre von Kastner, Bd. III. S. 240—258.

1825.

Batt, Ueber die Sandsteine des Odenwaldes und der Hardt. — L. J. II.
S. 80.

- Charpentier, von, Geognostische Verhältnisse der Salz führenden Gebilde bei Wimpfen. — L. J. I. S. 43.
- Meyer, Herm. v., Ueber den Cerithienkalk von Alzei. — L. J. II. S. 496.
- — Gypskugeln bei Frankfurt a. M. — Kastner, Archiv für Naturlehre Bd. VI. S. 332.
- Oeynhausens, C. v., H. v. Dechen und H. v. Laroche, Geognostische Umriss der Rheinländer zwischen Basel und Mainz mit besonderer Rücksicht auf das Vorkommen des Steinsalzes. Mit Profilen. Essen.
- Wernekinck, Ueber den Harmotom von Annerode bei Giessen. — L. J. II. S. 25.

1826.

- Burkart, J., Geognostische Skizze der Gebirgsbildungen des Kreises Creuznach und einiger angrenzenden Gegenden der ehemaligen Pfalz. — In J. Nöggerath, Das Gebirge in Rheinland-Westphalen. — Bd. IV. S. 142—221. Mit Karte und Profil. — Vergl. L. J. I. S. 236—39.
- Hessel, Hyalith im Dolerite bei Nordeck. — L. J. II. S. 340.
- Klipstein, A., Thonsäulen im Basalt des Vogelsbergs. — L. J. II. S. 496.
- Meyer, H. von, Frankfurts geognostische Beschaffenheit. — Kastner, Archiv f. Naturlehre Bd. VI. S. 437.
- Nau, B. S. von, Bemerkungen in Betreff mehrerer geognostischer Behauptungen der Herrn von Charpentier und Keferstein. — L. J. II. S. 515.

1827.

- * * * Das Sirona-Bad bei Nierstein und seine Mineralquelle. Mainz. Hundeshagen, J. Ch., Bemerkungen über die Molasse der Wetterau. — L. J. S. 431.
- — Ueber die Verhältnisse zwischen den Gebirgsbildungen im südwestlichen und nordwestlichen Deutschland. Naturw. Abhdlg. II. 1. S. 1—98.
- Klipstein, A., Ueber vulkanisirte Sandsteine am Vogelsgebirge. — Hertha, Zeitschr. für Erd-, Völker- und Staatenkunde XIII. S. 354. Stuttgart.
- — Ueber Dolomit der Gegend von Angersbach-Salzschliff. — L. J. I. S. 77.
- — Phonolith von Ober-Widdersheim. — L. J. I. S. 519.

- Meyer, H. von, Zusammenhang des Steinkohlengebildes der Wetterau mit dem von Darmstadt. — L. J. II. S. 305.
 Nau, B. S. v., Geognostische Beschaffenheit der Gegend um Mainz. Mit Beilagen über den Durchstich des Rheinbettes. — L. J. I. S. 68.

1828.

- Klipstein, A., Einige Beiträge zur Beurtheilung der Erscheinungen, welche die Kugelabsonderung der Felsgesteine begleiten. — Hertha, Zeitschrift für Erd-, Völker- und Staatenkunde. XXXII. S. 503—510.
 Nau, B. S. v., Geognostische Bemerkungen über die Gegend von Mainz. — L. J. S. 40—43.
 Wille, G. A., Geognostische Beschreibung der Gebirgsmassen zwischen dem Taunus und dem Vogelsgebirge etc. Mit 2 geogn. Karten. Mainz.

1829.

- Kaup, J. J., Ueber *Dinotherium giganteum* (von Eppelsheim), eine urweltliche Gattung aus der Dickhäuter-Ordnung. — Isis IV. S. 401—404.
 Klipstein, A., Gedrängte Uebersicht der Ergebnisse einer geognostischen Erforschung des Odenwaldes. Darmstadt.
 — — Geognostische Bemerkungen über die Diorite und Porphyre der linken Rheinseite. — L. J. S. 682.
 Meyer, H. v., Bemerkungen über *Equus primigenius* von Eppelsheim. — L. J. S. 150.
 — — Bemerkungen über *Equus angustidens* von Eppelsheim. — L. J. S. 280.

1830.

- Klipstein, A., Versuch einer geognostischen Darstellung des Kupferschiefergebirgs der Wetterau und des Spessarts. Darmstadt.
 — Vergl. L. J. S. 323.
 — — Geognostische Forschungen über den Odenwald. — L. J. S. 100.
 Meyer, H. v., Ueber Harmotom, Halbopal und Dolerit in der Gegend von Frankfurt a. M. — L. J. S. 296.

1831.

- Meyer, H. v., Ueber *Mastodon Arvernensis* Croizat et Joubert von Eppelsheim. — N. Acta Acad. Leop. Car. Nat. Cur. XV. S. 113—124. Mit Tafel. — Vergl. L. J. 1833 S. 484.

Stift, C. E., Geognostische Beschreibung des Herzogthums Nassau in besonderer Beziehung auf die Mineralquellen dieses Landes. Nebst einer Karte. Wiesbaden.

1832.

- Kaup, J. J., Description d'ossements fossiles de Mammifères inconnus jusqu'à présent, qui se trouvent au Muséum grand-ducal de Darmstadt. Mit Atlas. Darmstadt 1832—39. 4 Hefte. — Vergl. L. J. 1833 S. 230, 329, 490; 1835 S. 494 und C. J. B. Karsten, Archiv für Mineralogie etc. Bd. V. S. 150.
- — Fossile Säugethiere um Mainz. — L. J. S. 419.
- Klipstein, A., „Der Wildenstein bei Bädigen; Basaltgang bei Laugen; Umwandlung des plastischen Thons bei Ettingshausen durch Basalt; Basalte von Faerbach und Münzenberg.“ — Vergl. Hertha, Zeitschr. XXXII.
- Meyer, H. v., Porphyry und Diorit bei Kreuznach; Fossile Säugethierknochen (*Bos priscus*, *Elephas primigenius*, *Equus fossilis*) aus dem Rheinthale, im Speyerer Museum. — L. J. S. 214—221.
- — Mineralien und fossile Knochen im Senkenbergischen Museum zu Frankfurt a. M. — L. J. S. 268.

1833.

- Kaup, J. J., *Dinotherium*, *Rhinoceros*, *Dorcatherium*, *Cervus*, *Sus* aus dem Rheinthale (v. Eppelsheim). — L. J. S. 419.
- — Der Krallen-Phalanx von Eppelsheim, wonach Cuvier seine *Manis gigantea* aufstellte, gehört zu *Dinotherium*. — L. J. S. 172—176. Mit Tafel.
- — Ueber *Equus*, *Rhinoceros*, *Acerotherium*, *Mastodon*. — L. J. S. 327.
- — Vier neue Arten urweltlicher Raubthiere. — L. J. S. 606.
- — *Rhinoceros incisivus* und Rh. Schleiermacheri. — L. J. S. 368.
- — Ueber die Gattung *Dinotherium*. — L. J. S. 509. Mit Tafel.
- — Notizen über *Equus brevisrostris* n. sp. aus dem Diluvium. — L. J. S. 518—522. Mit Tafel.
- — Drei neue Gattungen urweltlicher Nager. — L. J. S. 608. — Isis 1832, S. 992. Mit Tafel.
- — Vier urweltliche Hirsche des Darmstädter Museums. — Karsten's Archiv für Min. Bd. VI. S. 217—223. Mit Tafel. — Vergl. L. J. 1834 S. 371.
- — Ueber *Hippopotamus major*. — Karsten's Archiv für Min. Bd. VI. S. 224—228. Mit Tafel. — Vergl. L. J. 1834 S. 489.

- Klipstein, A., Keuper-Sandstein am Vogelsgebirge. — L. J. S. 319.
 Leonhard, K. C. von, Bitten und Wünsche den körnigen (sogenannten
 Ur-) Kalk betreffend „zu Auerbach“. — L. J. S. 312—315.

1834.

- Kaup, J. J. und Scholl, Verzeichniss der Gypsabgüsse von den aus-
 gezeichneten urweltlichen Thierresten des Grossherzoglichen Mu-
 seums zu Darmstadt. Mit Holzschnitten im Text. 2. Aufl. Darm-
 stadt. — Vergl. L. J. 1835 S. 620. — 1. Anfl. 1832.
 Klipstein, A., Ueber Contact-Verhältnisse zwischen vulkanischen
 Gesteinen und neptunischen Bildungen der Wetterau. — L. J.
 S. 632—637.

1835.

- Kaup, J. J., Ueber zwei urweltliche pferdeartige Thiere aus dem ter-
 tiären Sande von Eppelsheim. — N. Acta Acad. Leop. Carol. XVII.
 S. 171. Mit Tafel. — Vergl. L. J. 1837. S. 218—221.
 Klipstein, A., Syenit und Gneiss in der Lava des Vogelgebirges.
 — L. J. S. 183.
 — — Ueber das muthmassliche Vorkommen von Steinsalz in der
 Wetterau. — L. J. S. 265.
 Lyell, Ch., Beobachtung über die Lehmlagerung, den Löss, im
 Rheinbecken. (James, Edinb. n. philos. Journ. 1834. XVII. S. 110
 —132). — L. J. S. 101—104.
 Möller, C. Ph., Mittheilung aus der Erfahrung über die Wirkung
 und Anwendung der Soolbäder insbes. zu Salzhausen. Darmstadt.

1836.

- Goepfert, H. R., Fossile Blüten in der Braunkohle der Wetterau.
 — L. J. S. 361.
 Klipstein, A. v., und J. J. Kaup, Beschreibung und Abbildungen
 von dem in Rheinhessen aufgefundenen colossalen Schädel des
 Dinotherii gigantei mit geognostischen Mittheilungen über die
 knochenführenden Bildungen des mittelrheinischen Tertiär-
 beckens. Darmstadt. Mit Atlas von 6 Tafeln und 2 geologischen
 Karten. — Vergl. L. J. 1837. S. 91. 363.
 Klipstein, A. v., Versuch einer geographisch-geognostischen Ein-
 theilung des westlichen Deutschlands nebst generellen Andeu-
 tungen zur geognostischen Constitution der verschiedenen Gebirgs-
 Abtheilungen desselben etc. — L. J. S. 255—289.



- Klipstein, A. v., Funde bei Eppelsheim; Braunkohlen bei Alzey und Giessen. — L. J. S. 572—573.
 Meyer, H. von, Fossile Knochen von Eukheim bei Frankfurt. — L. J. S. 61. — Vergl. Museum Senckenbergianum Bd. II. S. 47.

1837.

- Bronn, H. G., Ueber das geologische Alter und die organischen Ueberreste der tertiären Gesteine des Mainzer Beckens. — L. J. S. 153—168. Nachtrag S. 430.
 Desor, E., Notice sur le Dinotherium giganteum etc. Mit Abbildungen. Paris.
 Klipstein, A. v., Ergebnisse einer Brunnenbohrung bei Alzey. — L. J. S. 170.
 Meyer, H. v., Ueber das Mainzer Becken. — L. J. S. 560.

1838.

- Braun, M., Strophostoma tricarinatum, eine neue Art von Hochheim bei Mainz. — L. J. S. 291—94. Mit Tafel.
 — — Mainzer Tertiärschichten an der Haardt. — L. J. S. 316—318.
 Kaup, J. J., Anthracotherium magnum zu Eppelsheim. — L. J. S. 51.
 — — Fossiler Hamster, Hippotherium, Rhinoceros und Affen zu Eppelsheim; Halitherium und Pugmeodon von Flonheim. — L. J. S. 318—319.
 — — Halitherium mit 5 Backenzähnen. — L. J. S. 536.
 Meyer, H. v., Fossile Säugethiere. — L. J. S. 413, 667.

1839.

- Hoeninghaus, F. W., Vogelknochen im Mainzer Tertiärkalk. — L. J. S. 70—71.
 Kaup, J. J., Ueber Cervus priscus, Felis antediluviana, Chalicomys und Chelodus, Tapirus priscus etc. — L. J. S. 168, 297, 315.
 Leonhard, G., Mineralogisch-geognostische Beschreibung der Umgegend von Schriesheim mit besonderer Rücksicht auf die an der Bergstrasse auftretenden Porphyre. Stuttgart.
 Meyer, H. v., Kaup's Pugmeodon Schinzi gehört zu Halianassa; mitteltertiäre Knochen im Salzbachthale bei Wiesbaden, im Mosbacher Sand daselbst, von Weisenau. — L. J. S. 77, 560, 699.
 — — Hyalith bei Frankfurt. — L. J. S. 559.
 Wissmann, H. L., Beiträge zur Geognosie des Odenwaldes, besonders in Betreff der dasigen Zechstein-Formation. — L. J. S. 418. Vergl. 1840 S. 212.

1840.

- Gmelin, C. G., Analyse des Augits der Wetterau. — L. J. S. 549.
 — — Analyse des Tachylyts vom Vogelsgebirge. — L. J. S. 470. —
 Vergl. W. F. C. Klett, Chemische Untersuchung des Tachylyts
 vom Vogelsgebirge. Dissert. Tübingen 1839.
 Hocninghaus, F. W., Wirbelthierknochen von Mombach im Mainzer
 Tertiärbecken. — L. J. S. 219.
 Kittel, M. B., Skizze der geognostischen Verhältnisse der nächsten
 Umgegend Aschaffenburgs mit Karte und Profil. Aschaffenburg.
 Klipstein, A. v., Nephelinfels von Meiches. — Archiv f. Min. etc.
 von C. J. B. Karsten und von H. v. Dechen XIV. S. 248, ergänzt
 durch G. Rose S. 261.
 Meyer, H. v., Vögel, Säugethiere und Fische im Mombacher Tertiär-
 kalk. — L. J. S. 96.
 Schimper, W., Hysterium auf einem Pappelblatte der Wetterauer
 Braunkohle. — L. J. S. 338.
 Steininger, J., Geognostische Beschreibung des Landes zwischen
 der unteren Saar und dem Rheine. Mit 1 Karte, Profilen und
 Petrefactenzeichnungen. Trier. — Nachtrag 1841.

1841.

- Kaup, J. J., Acten der Urwelt oder Osteologie der urweltlichen
 Säugethiere und Amphibien. Darmstadt. Erstes Heft mit 14 Ta-
 feln (nicht weiter erschienen). — Vergl. L. J. S. 362, 607. 1845
 S. 457.
 Klipstein, A. v., Vorkommen von Tachylit bei Bobenhausen am
 Vogelsgebirge. — L. J. S. 696.
 — — Das Vorkommen der Keuperformation am Vogelsgebirge. —
 C. J. B. Karsten u. H. v. Dechen, Archiv f. Min. etc. Bd. XV. S. 216.
 Meyer, H. v., Fossile Knochen von Wiesbaden; Indusienartige Bil-
 dungen bei Mombach; Anthracotherium Alsaticum zu Hochheim.
 — L. J. S. 458
 — — Hippopotamus im Mosbacher Sand bei Wiesbaden. — L. J. S. 241.

1842.

- Braun, A., Vergleichende Zusammenstellung der lebenden und dilu-
 vialen Molluskenfauna des Rheinthales mit der tertiären des
 Mainzer Beckens. — Amtl. Ber. d. 20. Vers. deutscher Naturf.
 u. Aerzte zu Mainz, S. 142.

- Etling, C., Braunstein bei Giessen. Berlin.
- Meyer, H. v., Summarische Uebersicht von den im Mainzer Tertiärbecken enthaltenen Ueberresten fossiler Wirbelthiere. — Amtl. Bericht über die 20. Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte zu Mainz, S. 150.
- — Tapirus priscus, Dorcatherium von Eppelsheim; Palaeomeryx von Mombach. — L. J. S. 585.

1843.

- Klipstein, A. v., und J. J. Kaup, Beschreibung und Abbildungen von dem in Rheinessen aufgefundenen colossalen Schädel des Dinotherii gigantei mit geognostischen Mittheilungen über die knochenführenden Bildungen des mittelrheinischen Tertiärbeckens. Mit 7 Tafeln. Giessen.
- Klipstein, A. v., Ueber die Dolomite der Lahngenden und das Vorkommen von Manganerzen. — Karsten und v. Dechen, Arch. f. Min., Bd. XVII. S. 265—303.
- Meyer, H. v., Acanthodon ferox und Frösche von Weisenau; Halianassa, Emys hospes und Myliobates von Flonheim; Mastodon von Hangenwahlheim. — L. J. S. 701—703.
- — Summarische Uebersicht der fossilen Wirbelthiere des Mainzer Tertiärbeckens mit besonderer Rücksicht auf Weisenau. — L. J. S. 379.
- — Rana diluviana in der Braunkohle bei Giessen; Sandgebilde von Mosbach bei Wiesbaden. — L. J. S. 579.
- Noeggerath, J., Basaltdurchbruch im bunten Sandstein bei Nierstein am Rhein. — Karsten's Archiv für Min., Bd. XVI. S. 358; vergl. L. J. S. 359.
- Riedheim, C. Th. v., Naturhistorische Beschreibung des Hessen-Darmstädtischen Odenwaldes nebst seinen westlichen Vorbergen mit einem Kärtchen. Heidelberg.

1844.

- Delesse, A., Analyse von Dysodil aus der Braunkohle von Climbach bei Giessen. — L. J. S. 481 u. 1845 S. 693 (Ann. d. min.)
- Etling, C., Bei Giessen vorkommender Braunstein. — Wöhler u. Liebig, Annalen der Chemie XLIII. S. 185. — Vergl. L. J. S. 70.
- Meyer, H. v., Microtherium Renggeri von Weisenau; Palaeomeryx-Arten und Hyotherium Meissneri zu Mombach; Halianassa zu Flonheim; Myliobates- und Zygobates-Arten von Alzey; verschiedene Arten von Otolithen daselbst. — L. J. S. 331.

- Meyer, H. v., *Aspidonectes Gergensii* und Vogelknochen aus dem Mainzer Becken. — L. J. S. 565.
 — — Emys im Torf von Enkheim. — L. J. S. 567.

1845.

- Bode, F. Nauheim. (2. Auflage 1853.) Cassel.
 Meyer, H. v., *Canis vulpes* von Flonheim. — L. J. S. 309.
 Thomae C., Fossile Conchylien aus den Tertiärschichten bei Hochheim und Wiesbaden. — Jahrbücher d. Ver. f. Naturkunde im Herzogth. Nassau. S. 127.

1846.

- Meyer, H. v., Zur Fauna der Vorwelt. Frankfurt a. M.
 — — *Pugmeodon Schinzi*, *Manatus Schinzi* ist *Halianassa Collinii*. L. J. S. 328.
 — — Neue Säugethiere von Weisenau; tertiäre Fischreste zu Mainz. L. J. S. 473.
 — — Fossile Insectenfresser zu Weisenau. — L. J. S. 599.
 Whrightson, Analyse eines Halbopals vom Schiftenberg bei Giessen. — Wöhler u. Liebig's Annalen d. Chemie. LIV. S. 358. — Vergl. L. J. S. 834.

1847.

- Bode, F., Das Soolbad Nauheim. — O. G. I. S. 41—44.
 Boegner, J., Das Erdbeben und seine Erscheinungen. Nebst einer chronologischen Uebersicht der Erdschütterungen im mittleren Deutschland vom 8. Jahrhundert bis auf die neueste Zeit etc. Mit Karte vom Verbreitungsbezirk des Erdbebens vom 29. Juli 1846. Frankfurt a. M.
 Braun, A., Ueber Löss-Conchylien. — L. J. S. 49—53.
 Jochheim, Ph., Die Mineralquellen des Grossherzogthums Hessen etc. Erlangen.
 Meyer, H. v., *Stephanodon Mombachensis*, ein neues Raubthier des Mainzer Beckens. Diluvialer *Arctomys* von Eppelsheim, Kästrich zu Maiuz und Mosbach. — L. J. S. 183—185.
 Noeggerath, J., Das Erdbeben vom 29. Juli 1846 im Rheingebiet und den benachbarten Ländern. Mit Karte. Bonn.
 Sandberger, F., Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Herzogthums Nassau. Nebst einer Karte. Wiesbaden.
 Tasche, G., Die Salzquellen zu Salzhausen etc. — O. G. I. S. 16.

1848.

- Genth, F. A., Zur miocaenen Geognosie des Mainzer Beckens. — L. J. S. 192.
- Meyer, H. v., „Cobitis longiceps von Mombach“. — Palaeontographica I. S. 151. Mit Tafel.
- Müller, F., Die Homburger Heilquellen. Homburg.
- Sandberger, F., Cyrenenschichten des Mainzer Beckens. — L. J. S. 550.

1849.

- Becker, L., Vogeleier im Paludinenkalk von Mainz. Mit 1 Tafel. L. J. S. 69—72.
- Blum, J. B., Fossile Schlängeneier im Paludinenkalk zu Bieber bei Offenbach. — L. J. S. 673.
- Credner, Heinr., Vorkommen des Salzes bei Salzhausen. Mit Profil. — O. G. II. S. 39—42.
- Engelhardt, Analyse des Chabasits von Annerod bei Giessen. — Wöhler u. Liebig's Annalen der Chemie. LXV. S. 370. — Vergl. L. J. S. 305.
- Klipstein, A. v., Gemeinnützige Blätter zur Förderung des Bergbaues und Hüttenbetriebes. I. Heft. Frankfurt.
- Meyer, H. v., Wirbelthierreste von Wiesbaden und Mombach. — L. J. S. 548.
- Tasche, G., Beiträge zur geognostischen Kenntniss der Umgegend von Salzhausen. — O. G. II. S. 35—39.
- Zimmer, Cultur und Wachstum der Lärche in den Waldungen der Stadt Giessen. — O. G. II. S. 116—121.

1850.

- Becker, F., Geognostische Skizze des Grossherzogthums Hessen und seiner nächsten Angrenzungen. Mit 1 Karte. — Beiträge zur Landes-, Volks- u. Staatskunde des Grossherzogthums Hessen I. S. 97—162.
- L., Untersuchung der Gebirgsschichten im Kästrich zu Mainz und in den Steinbrüchen bei Laubenheim. — Ebenda S. 258. Mit Tafel.
- Braun, A., Darstellung der geognostischen Verhältnisse des Mainzer Beckens und seiner fossilen Fauna und Flora. — In F. A. Walchner, Geognosie, Karlsruhe, S. 1112.
- Goepfert, H. R., Ueber die Flora der Braunkohlenformation überhaupt und die der Rheinlande insbesondere. — Karsten und v. Dechen's Archiv XXIII. S. 351—467. — Vergl. L. J. 1852 S. 985.

- Meyer, H. v., Der Schädel des Hyotherium Meissneri aus dem Tertiärkalke des Salzbadthales bei Wiesbaden. Mit Tafel. — *Jahrb. d. Vereins f. Naturk. in Nassau* VI. S. 116—126.
- — Capra und Bos im Torfe bei Frankfurt a. M. — *L. J.* S. 204.
- Rolle, F., Der Taunus in der näheren Umgebung von Bad Homburg geognostisch dargestellt. Homburg vor der Höhe.
- Sandberger, F., Ueber die geognostische Zusammensetzung der Umgegend von Wiesbaden. Mit 1 Karte und 5 Profilen. — *Jahrb. d. Vereins f. Naturk. in Nassau* VI. S. 1—27.

1851.

- Bromeis, C., Ueber den Osteolith und dessen lagerhaftes Vorkommen im Dolerit der Wetterau. — *Annalen d. Chemie u. Pharm.* Bd. 79. S. 1—10.
- — Ueber äussere und innere Verhältnisse der gasreichen Thermen zu Nauheim. Dissertation, Marburg. Mit Profil.
- Geinitz, H. B., Ueber den Zechstein der Wetterau. Hanau. Wetterau. *Ges. f. Nat. Bericht* 1850—51. Anhang. S. 196—202.
- Klipstein, A. v., „Prospectus“ für die geognostische Darstellung des Grossherzogthums Hessen etc. Giessen.
- Ludwig, R., Ueber die jüngeren Kalk-, Thon-, Sandstein-, Sand-, Geschieb- und Lehm-Ablagerungen der Obergrafschaft Hanau. Wetterauer *Gesellsch. f. Naturk., Bericht* 1850—51. Anhang. S. 1—52.
- Meyer, H. v., Sphyaenodus aus dem Tertiärsande von Flonheim. Cassel. — *Palaeont.* I. S. 280—82. Mit 1 Tafel.
- Sandberger, F., Tertiärbildungen in Deutschland vom Alter des Mainzer Beckens. — *L. J.* S. 177.
- Theobald, G. und C. Rössler, Uebersicht der wichtigsten geognostischen und oryctognostischen Vorkommnisse der Wetterau und der zunächst angrenzenden Gegenden. Hanau.—Wetterauer *Ges. f. Naturk., Bericht* 1850—51. Anhang. S. 75—195.
- Voltz, F., Ankündigung seiner Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Grossherzogthums Hessen. — *L. J.* S. 816.

1852.

- Hoffmann, H., Pflanzenverbreitung und Pflanzenwanderung, eine botanisch-geographische Untersuchung. Darmstadt.
- Klipstein, A. v., Geognostische Darstellung des Grossherzogthums Hessen und des preussischen Kreises Wetzlar etc. Nordwest-

- liche Hauptabtheilung. District zwischen der Dill und der Salz-
böden; südliches Hinterländer Gebirge mit Sectionsblatt Gladen-
bach, 4 Tafeln u. Abbildungen. Frankfurt a. M. 1852 u. 1854.
- Ludwig, R., Geognostische Beobachtungen in der Gegend zwischen
Giessen, Fulda, Frankfurt a. M. u. Hammelburg. Nebst 2 Karten.
Darmstadt.
- Meyer, H. v., Batrachier der Wetterauer Braunkohle. — L. J. S. 57 u. 467.
— — Insectengänge und Koprolithen im Holze der Braunkohle der
Wetterau; Zahn von Hippopotamus major im Diluvialkies von
Mosbach bei Wiesbaden. — L. J. S. 467.
- Rolle, Fr., Pflanzenreste im älteren Sandsteine der Wetterau. —
L. J. S. 58.
- Sandberger, F., Hessische Gesteine und Versteinerungen in den
Sammlungen zu Darmstadt. — L. J. S. 197.
— — Die Land- und Süßwasser-Fauna des Mainzer Beckens. — Jahrb.
d. Vereins f. Naturk. zu Nassau, VIII. 2. S. 144.
— — Ueber Analogien der fossilen Land- und Süßwasser-Fauna des
Mainzer Beckens mit der lebenden der Mittelmeerländer. Mit
Bemerkungen von A. v. Klipstein, F. Voltz und H. v. Meyer. —
Amtl. Ber. der 29. Vers. d. Naturf. vom Jahr 1851. Wiesbaden.
- Tasche, H., Kupferschieferformation und Basalt der Wetterau. —
L. J. S. 196.
— — Porphyrtiger Trachyt im Vogelsberge. — L. J. S. 591.
— — Thoniger Brauneisenstein, dessen vormalige und jetzige Gewin-
nung im Vogelsberge. — L. J. S. 897—906. — Vergl. Berg- und
Hüttenmännische Zeitung 1853, Nr. 13.
- Voltz, Fr., Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Grossher-
zogthums Heesen. Mit Karte. Mainz.
— — Geologische Bilder aus dem Mainzer Becken. Mit 4 Tafeln.
Mainz.
— — Geologisch-palaeontologische Bemerkungen über Rheinhessen. —
L. J. S. 433—435.
— — Verbreitung der einzelnen Tertiärschichten im Mainzer Becken.
— L. J. S. 586—588.
- Walchner, F. A., Description du bassin tertiaire de Mayence. —
Ann. d. Min. Sér. 5. Vol. 2. p. 439—452.

1853.

- Dieffenbach, E., Untermiocäne Wirbelthierfauna, Säugethiere, Fische,
Vögel etc. zu Climbach und an andern Orten Hessens. — L. J. S. 685.



- Dieffenbach, E., Ueber Verdrängungs-Pseudomorphosen von Quarz nach Schwerspath zu Griedel bei Butzbach. — O. G. III. S. 138.
 — — Die geognostisch-paläontologische Sammlung der Universität Giessen. — Ebenda S. 141.
- Heyden, C. H. G. v., Ueber Mofetten oder Erdlöcher, aus denen tödtliches Gas ausströmt, bei Traishorloff in der Wetterau. — Ebenda S. 1.
- Klipstein, A. v., Geognostische Beschreibung des westlichen Theils des im Kreise Wetzlar gelegenen Gebirgsdistriktes zwischen der Dill und der Lahn. — D. g. Z. Bd. V. S. 516—590. Mit 2 Tafeln.
- K., v., Fossile Knochen auf dem Gebiet des Fürsten von Solms-Lich im Tefelsgraben. — O. G. III. S. 181—182. — Vergl. Darmst. Ztg. 1852 S. 1997.
- Leonhard, G., Orthit bei Weinheim in Baden. — L. J. S. 554—560.
- Ludwig, R., Ueber das rheinische Schiefergebirge zwischen Butzbach und Homburg v. d. H. Nebst Karte. — Jahrb. d. Ver. f. Nat. zu Nassau IX. 2. S. 1—20.
 — — Ueber die warmen Soolquellen Nauheims. Mit Tafel. — O. G. III. S. 2—11.
- Ploock, Untersuchungen von Basalten aus der nächsten Umgebung von Salzhausen auf Chlor. — Ebenda S. 116.
- Reuss, A. E., Foraminiferen aus dem Zechstein der Wetterau. — L. J. S. 582.
 — — Ueber einige Foraminiferen, Bryozoen und Entomostrazeen des Mainzer Beckens. Mit Tafel. — L. J. S. 670—679.
- Rolle, Fr., Ueber den alten Sandstein der Wetterau. Bonn. — Verhandl. d. nat. Ver. S. 130—139.
- Sandberger, F., Untersuchungen über das Mainzer Tertiärbecken und dessen Stellung im geologischen System. Wiesbaden.
 — — Stringocephalen- und Stinkkalk von Kleinlinden und Stringocephalenkalk von Rodheim. — O. G. III. S. 181.
 — — Miocenes Alter von Versteinerungen des Mainzer Beckens. — L. J. S. 38.
 — — *Nematura granulatum* und *Volvaria bulloides* im Mainzer Becken. — L. J. S. 327.
- Tasche, H., Temperaturverhältnisse in der Braunkohlengrube zu Salzhausen etc. Mit Tafel. — O. G. III. S. 11—17.
 — — Ueber einige Sauer- und Gasquellen vom südwestlichen Rande des Vogelsberges. Mit Tafel. — O. G. III. S. 105—116.
 — — Tertiärformation am Rande des Vogelsbergs. — L. J. S. 141—149.



- Tasche, H., Braunkohle der Wetterau. — Gewerbeblatt f. d. Grossherzogthum Hessen XV. S. 113.
- Trapp, Artesische Bohrungen zu Homburg v. d. H. — O. G. III. S. 182.
- Voltz, F., Die Schichtenfolge des Mainzer Beckens erläutert durch Profile. Mit 1 Tafel. — L. J. S. 129—140.
- Zimmer, Beschreibung der Waldungen der Stadt Giessen. — O. G. III. S. 146.

1854.

- *** „Braunkohle zu Neuhof bei Giessen“. — O. G. IV. S. 167.
- Beyrich, E., Ueber die Stellung der hessischen Tertiärbildungen. Monatsber. d. Kgl. Akademie der Wiss. zu Berlin. Nov.
- Dieffenbach, E., Palagonit und Dysodil. — O. G. IV. S. 155—158.
- Goepfert, H. R., Verzeichniss der mir bekannt gewordenen fossilen Pflanzen der Braunkohlen Salzhausens. — O. G. IV. S. 153.
- Hamilton, W. J., On the Geology of the Mayence Basin. — Proceedings of the geol. soc. of London. p. 254—297.
- Kaup, J. J., Beiträge zur näheren Kenntniss der urweltlichen Säugethiere. Mit Tafeln. Darmstadt. 1854—1860.
- Ludwig, R., Ueber das Vorkommen organischer Reste in den Tertiärbildungen der Wetterau. — O. G. IV. S. 29.
- — Die Kupferschiefer- und Zechsteinformation am Rande des Vogelsbergs und Spessarts. — Hanau. Wetterau. Ges. f. Nat. S. 78—135.
- — Analyse des Nauheimer Badesalzes. — O. G. IV. S. 166.
- Meyer, H. v., Wirbelthierreste aus Basalttuff zu Glimbach an der Rabenau. — L. J. S. 50.
- Reuss, A. E., Ueber Entomostraceen und Foraminiferen im Zechstein der Wetterau. — Hanau. Wetterau. Gesell. f. Nat. S. 59—77.
- Roessler, C., Ueber die Petrefacten im Zechstein der Wetterau. — O. G. IV. S. 158—161; vergl. Wetterauer Ges. f. Nat. z. Hanau 54—58.
- Sandmann, F., Chemisch-mineralogische Untersuchung einiger Fahl-erze und eines manganhaltigen Bleiglanzes aus Oberhessen. — O. G. IV. S. 25.
- Schwarzenberg, A., und H. Reuss, Begleitworte zur geognostischen Karte von Kurhessen und den angrenzenden Ländern zwischen Taunus, Harz und Wesergebirge. Gotha.
- Tasche, H., Salzhausen. Mit besonderer Rücksicht auf die geognostischen Verhältnisse seiner Umgegend. Nebst Karte. — O. G. IV. S. 72.

Tasche, H., Tertiärkalk von Garbenteich bei Giessen. — L. J. S. 675.
 Verein für Erdkunde und verwandte Wissenschaften zu Darmstadt,
 Notizblatt I. Folge, Nr. 1—46. 1854—1857. — II. Folge. In
 Verbindung mit dem mittelrheinischen geologischen Verein heraus-
 gegeben von L. Ewald. Nr. 1—60. 1858—1861. 3 Hefte. —
 III. Folge. Herausgegeben von L. Ewald. Nr. 1—216. 1862—
 1879. 18 Hefte. — IV. Folge. Herausgegeben von L. Ewald bis
 1880 Nr. 1—12, von R. Lepsius 1881—1882 Nr. 13—15. 2 Hefte.

1855.

- Becker, F. und L. Ewald, Die Entstehung und seitherige Wirksamkeit des mittelrheinischen geologischen Vereins. Mit Anlage I.: Statuten des Vereins und Anlage II.: Formationen- und Farbens-Tabelle zur Karte des Vereins. In den Mittheilungen zur Section Friedberg. S. I—XVI. Darmstadt.
- Dechen, H. v., Das rheinische Grauwackenengebirge von Battenberg bis Wetzlar. — N. D. S. 93 u. 102. — Vergl. Sitz-Berichte d. naturhist. Vereins f. Rheinh. u. Westphalen XII. S. 29.
- Dieffenbach, E., Tertiärkreide von Garbenteich. — N. D. S. 177.
- Ehrenberg, C. G., Quantitative Messung der Rheintrübung in allen Monaten des Jahres. — Bericht ü. d. Verhandl. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin S. 561.
- Erlenmeyer, A., Die Soolthermen zu Nauheim. Neuwied.
- Gergens, F., Sandsteinknollen und Coelestin in denselben im Löss bei Oppenheim. — L. J. S. 172.
- Ludwig, R., Verzeichniss der im Spiriferensandstein, Orthoceraschiefer, Massenkalk und Quarzit der Umgegend von Nauheim aufgefundenen Versteinerungen. Giessen. — O. G. V. S. 20.
- — Die Sprudelquellen zu Nauheim. — Ebenda S. 42—47 u. Ergänzung S. 66—70. Mit 1 Tafel.
- — Der Soolsprudel zu Nauheim. — N. D. S. 82.
- — Versuch einer geographischen Darstellung von Hessen in der Tertiärzeit. Mit Karte. — N. D. S. 97—105, 113.
- — Ueber den Zusammenhang der Tertiärformation in Niederhessen, Oberhessen, der Wetterau und an dem Rheine. — Wetterauer Ges. für Naturk. S. 1—62.
- — Verzeichniss der in der Wetterau aufgefundenen Tertiärversteinerungen, nach den Schichten der Formation geordnet. Hanau. — Wetterauer Ges. f. Nat. S. 62—82.

- Mittelrheinischer geologischer Verein, Mittheilungen zur geologischen Specialkarte des Grossherzogthums Hessen und der angrenzenden Landesgebiete. 1855 bis 1872. 17 Hefte. Siehe Karten S. 43.
- Schreiber, F., Beitrag zur Kenntniss der Nauheimer Soolquellen. — Bergwerksfreund Bd. XVIII. S. 649—672. Eisleben.
- Seibert, Ph., Die einfachen Mineralien, welche bei Bensheim und in der Umgegend vorkommen. — O. G. V. S. 11—20.
- — Der Glimmerschiefer des westlichen hessischen Odenwaldes. — N. D. S. 130.
- Tasche H., Ueber die Wahl eines Punktes zur Erschürfung neuer Mineralquellen zu Homburg v. d. H. — O. G. V. S. 47—50.
- — Das Kieselguhlager bei Altenschlirf im Vogelsberg. — O. G. V. S. 51—54.
- Theobald, G., Die hohe Strasse. Wetterauer Ges. f. Naturk. zu Hanau S. 83—126.
- Weiss, C., Die Nauheimer grossen Soolsprudel. Cassel.

1856.

- Beyrich, E., Ueber den Zusammenhang der norddeutschen Tertiärbildungen etc. Mit Karte. Berlin. Aus den Abhandl. d. Kgl. Akademie 1855 S. 1—20.
- Fresenius, G. und H. v. Meyer, Sphaeria areolata aus der Braunkohle der Wetterau. — Palaeontographica IV. S. 202—203. Mit 1 Tafel. — Vergl. L. J. S. 331.
- Greim, Fr., Auffindung von Braunkohlen in Rheinhessen. — N. D. S. 279.
- Heyden, C. H. G. v., Reste von Insecten aus der Braunkohle von Salzhausen und Westerburg. — Palaeont. IV. S. 198—201. Mit 2 Tafeln.
- Hoffmann, J., Die Homburger Heilquellen. Homburg.
- Kaup, J. J., Ein vollständiger Halitherium-Gaumen mit Zähnen. — L. J. S. 19. Mit Tafel.
- Ludwig, R., Die älteren Tertiärablagerungen des Rheinthals bei Offenbach. — N. D. S. 205.
- Sandberger, F., Beiträge zur Kenntniss des Mainzer Tertiärgebirges. — L. J. S. 533.
- Sandberger, G., Geognostische Skizze des Amtes Reichelsheim. Mit Kärtchen. — Jahrb. d. Ver. f. Nat. in Nassau XI. S. 114—126.
- Tasche, H., Uebergangs-Gebirge unter dem Tertiär der Wetterau. — L. J. S. 418.

- Tasche, H., Ueber das Vorkommen von Eisenerzen und deren Gewinnung im östlichen Theil der Provinz Oberhessen. — N. D. S. 233 u. 241.
 — — Kupferschieferbergbau von Haingründau bei Büdingen. — Ebenda S. 266.

1857.

- * * * Quecksilber im Odenwald; Graphit im Odenwald. — Berggeist S. 197 und S. 634.
 Dunker, E., Altes und Neues über Nauheim und seine Soolquellen. O. G. VI. S. 7—12.
 Glaser, L., Die naturhistorischen Verhältnisse der Gegend von Grttnberg. — O. G. VI. S. 1—6.
 Ludwig, R., Fossile Pflanzen aus der jüngsten Wetterauer Braunkohle. — Palaeontographica V. S. 81—110. Mit 8 Tafeln.
 — — Der Braunstein in Nassau und Oberhessen. — N. D. 1858 S. 19 u. 25.
 — — Zechstein im Odenwald, körniger Kalk bei Gross-Umstadt. — Ebenda S. 11.
 — — Bohrlöcher im Rheinthal bei Mainz. — Ebenda S. 12.
 — — Versteinerungen am Hausberge bei Butzbach; Septarienthon bei Alsfeld. — Ebenda S. 30 u. 77.
 Meyer, H. von, Pflanzenführende Litorinellenschichten bei Frankfurt a. M. — N. D. 1858 S. 7.
 Schreiber, F., Die neue Fassung und das Verhalten des Soolsprudels Nr. 7 in Nauheim. — N. D. 1858 S. 41—45.
 Seibert, Ph., Tertiärsandstein von Heppenheim. — N. D. 1858 S. 17.
 — — Körniger Kalk im Odenwald. — Ebenda S. 13.
 — — Basaltgänge in der Section Erbach und Worms. — Ebenda S. 30.
 — — Zechsteinformation in Section Erbach. — Ebenda S. 53.
 — — Mineralien im Basalt zu Mitlechtern; Basalt im Odenwald. — Ebenda S. 61.
 — — Fossile Knochen zu Bensheim. — Ebenda S. 62.
 — — Neue Petrefacten im Heppheimer Tertiärsandstein. — Ebenda S. 87.
 — — Mineralien in Section Erbach. — Ebenda S. 47.
 Seelheim, F., Untersuchung eines bei Mainz aufgefundenen Meteorsteins. — Jahrb. f. Nat. in Nassau XII. S. 405.
 Storch, L., Ueber die Entstehung der Wetterauer Braunkohlenlager. — O. G. VI. S. 26—33.

- Tasche, H., Torflager in der Wetterau. — N. D. 1858 S. 52.
 — — Aus Oberhessen. — Ebenda S. 87.
 — — Die Homburger Heilquellen von J. Hoffmann. — O. G. III.
 S. 44—60.

1858.

- * * * Bergbau im Odenwald. — Berggeist S. 557.
 Braun, A., Vitis Ludwigi. — N. D. S. 102. — Vergl. D. g. Z. IX.
 S. 189—191.
 Hauchecorne, W., Ueber ein Kupfererzvorkommen im Odenwald.
 — Berggeist S. 538.
 Jochheim, P., Die Mineralquellen des Grossherzogthums Hessen,
 seiner Enclaven und der Landgrafschaft Hessen-Noburg. Er-
 langen. — L. J. S. 696.
 Kaup, J. J., Halitherium besitzt einen rudimentären Femur. Mit
 Tafel. — L. J. S. 532—534.
 Knop, A., Ueber merkwürdige Erscheinungen am Ganggestein bei
 Auerbach. — L. J. S. 33.
 Krauss, C. F. F., Beiträge zur Kenntniss des Schädel-Baus von
 Halitherium. — L. J. S. 519. Mit Tafel.
 Ludwig, R., Die Eisensteinlager in den paläozoischen Formationen
 Oberhessens und des Dillenburgischen. Beiträge zur Geologie
 des Grossherzogthums Hessen und der angrenzenden Gegenden,
 Ergänzungsblätter S. 1—17. Darmstadt.
 — — Ueber die im Septarienthon bei Alsfeld vorgegangenen Um-
 wandlungen. — Ebenda S. 32—33.
 — — Geognostische Notizen aus Rheinbaiern. — Ebenda S. 55.
 — — Der Süsswasserkalk von Dannerod. — N. D. S. 100.
 — — Braunkohlenlager im Cyrenenmergel bei Ingelheim im Rheingau.
 — N. D. S. 143.
 — — Die Eisensteinlager in den paläozoischen Formationen Ober-
 hessens und des Dillenburgischen. — N. D. S. 129. Siehe S. 20.
 — — Fossile Pflanzen aus der mittleren Etage der Wetterau, Rhei-
 nischen Tertiärformation und aus den Basalttuffen von Holz-
 hausen bei Homberg in Kurhessen. Cassel. — Palaeontog-
 graphica V. S. 132—161. Mit 9 Tafeln.
 — — Geognosie und Geogenie der Wetterau. Hanau.
 Meyer, H. v., Säugethierreste bei Frankfurt. — N. D. S. 134. Vergl.
 L. J. S. 61.
 Rössler, C., Ueber den Cyrenenmergel in der Section Offenbach. —
 Beiträge zur Geologie des Grossh. Hessen S. 42—43.



- Sandberger, F., Die Conchylien des Mainzer Tertiärbeckens. Mit Tafeln. Wiesbaden 1858—1863.
- — Die Land- und Süßwasserfauna des Mainzer Tertiärbeckens. Sitzungsbericht d. 34. Vers. d. Naturf. u. Aerzte zu Carlsruhe S. 76.
- Schreiber, F., Braunkohlen bei Niederweisel. — Beiträge zur Geologie des Grossh. Hessen S. 33.
- Seibert, Ph., Die Gneusse des Odenwaldes in den Sectionen Erbach und Worms. — Ebenda S. 17—20.
- — Granulit und Basalt, sowie neue Mineralien in den Saalbändern des körnigen Kalks im Odenwald. — Ebenda S. 40—41.
- — Die Syenite des Odenwaldes. — N. D. S. 116.
- — Die Mineralquellen der Bergstrasse und des Odenwaldes. — N. D. S. 142.
- — Tertiärer Sandstein von Heppenheim an der Bergstrasse. — Hanau. Wetterauer Ges. f. Naturk. S. 63—65.
- Tasche, H., Kurzer Ueberblick über das Berg-, Hütten- und Salinenwesen im Grossherzogthum Hessen. Darmstadt.
- — Alter der Wetterauer Braunkohle. — Beiträge zur Geologie des Grossh. Hessen und der angrenzenden Gegenden S. 34.
- Volger, O., Notizen zur Geologie der Gegend von Frankfurt a. M. — Ebenda S. 20—29.

1859.

- Glaser, L., Kleinere Mittheilungen aus der Gegend von Friedberg. — O. G. VII. S. 93—97.
- Grooss, A., Fossile Pflanzen im Taunusquarzit bei Ockstadt. — N. D. S. 71.
- — Aus der Section Fauerbach-Usingen. — Ebenda S. 83.
- Gutberlet, W. C. J., Mittheilungen über krystallinische Sandsteine. — Ebenda S. 51.
- Heldmann, C., Die Gebirgsformation in der Gemarkung Selters (Kreis Nidda) und Umgebung. — O. G. VII. S. 81—89.
- Klipstein, A. von, Gemeinnützige Blätter zur Förderung des Bergbaues und Hüttenbetriebes. II. Heft. Mit Karte. Giessen.
- Ludwig, R., Die fossilen Pflanzen in der Wetterauer Tertiärformation. — O. G. VII. S. 1—12.
- — Fossile Pflanzen aus der ältesten Abtheilung der Rhein-Wetterauer-Tertiärformation. Mit 34 Tafeln. — Palaeontogr. VIII. S. 39—154.

- Ludwig, R., Geologische Urgeschichte der Hessischen Länder. — N. D. 1860 S. 2—5 u. 11—14.
- — Todtligendes am Südwestabhange der Granithügel in Darmstadt. — Ebenda S. 28.
- — Tertiärbildungen bei Bad Homburg v. d. Höhe. — N. D. S. 38.
- — Lagerungsverhältnisse des Quarzits und Sericitschiefers zwischen Auringen, Oberseelbach und Naurod. — Ebenda S. 55.
- — Lagerung des Quarzits und Sericitschiefers bei Bingen, Schloss Johannisberg und Rüdelsheim. — Ebenda S. 71.
- — Kalk, Schiefer und Eisenstein von Walderbach. — Ebenda S. 86.
- — Lagerung des Kramenzels, Kieselchiefers und flötzleeren Sandsteins bei Butzbach. — Ebenda S. 99.
- Meyer, H. v., *Perca Alsheimensis* und *Perca Moguntina* aus dem mittelrheinischen Tertiärbecken. — Palaeontogr. Bd. VII. S. 19—24. Mit 1 Tafel.
- Noeggerath, J., Eine Torfablagerung mit römischen Ueberresten bei Mainz. — Sitz. Ber. d. nat. Ver. f. Rh. u. W. XVI. S. 114.
- Reuss, A. E., Ueber einige Anthozoen aus den Tertiärschichten des Mainzer Beckens. — Sitz. Ber. d. K. K. Akademie d. Wiss. in Wien XXXV. S. 479. Mit 2 Tafeln. Vergl. L. J. 1860 S. 375.
- Seibert, Ph., Mineralogisch-geognostische Notizen für Excursionen in der Umgegend von Bensheim und Anerbach. — N. D. S. 66.
- — Beobachtungen in den Sectionen Weinheim und Hirschhorn. — Ebenda S. 5.
- — Versteinerungen aus Section Worms. — Ebenda S. 85.
- — Beobachtungen aus den Sectionen Erbach und Michelstadt. — Ebenda S. 87.
- — Syenitschiefer. — Ebenda S. 111.
- Storch, L., Die alte Kaisergrube bei Niedermörlen bei Nauheim. — O. G. VII. S. 36—40.
- Tasche, H., Einige neuere Aufschlüsse in Betreff brennbarer Fossilien in der Provinz Oberhessen. — O. G. VII. S. 26—35. Mit Tafel.
- — Schwefelkies auf poröser Basaltlava des Vogelsberges. — N. D. S. 42.
- — Zu den Sectionen Alsfeld und Allendorf. — Ebenda S. 69.
- — Zur Section Giessen. — Ebenda S. 85 u. 112.
- Weinkanff, H. C., Die tertiären Ablagerungen im Kreise Kreuznach. — Verhandl. des naturhist. Vereins für Rheinl. u. Westfalen XVI. S. 65—77.

Wittmann, Chronik der niedrigsten Wasserstände des Rheins vom Jahre 70 n. Chr. bis 1858 und Nachrichten über die 1857—58 im Rheinbette zu Tage gekommenen Alterthümer und Merkwürdigkeiten. Mainz.

1860.

Buchner, O., Ueber Feuermeteorite und Meteoriten. — O. G. VIII. S. 82—85.

Fuchs, C. W. C., Der körnige Kalk von Auerbach an der Bergstrasse. Inaug. Diss. Heidelberg.

Gergens, F., Ueber fossile Schildkröteneier aus dem Cerithienkalk bei Zornheim in Rheinhessen. — L. J. S. 554—555. Mit Abbildung.

Heyden, C. H. G. v., Nachricht von fossilen Gallen auf Blättern aus den Braunkohlengruben von Salzhausen. — O. G. VIII. S. 63.

Hoffmann, H., Vergleichende Studien zur Bodenstetigkeit der Pflanzen. — O. G. VIII. S. 1—12. Mit 2 Tafeln.

Ludwig, R., Die Mineralquellen zu Homburg v. d. Höhe. — N. D. 1861 S. 82—86. 89—95. 98—104. 107—112. 115—117 n. Separatabdruck. Darmstadt.

— — Thierische Reste aus den Tertiärschichten von Münzenberg. — N. D. S. 120.

Meyer, H. v., Ueber fossile Schildkröteneier aus dem Cerithienkalk bei Zornheim in Rheinhessen. — L. J. S. 558—559.

— — Rhinoceros Mercki bei Triest und im Mainzer Becken. — L. J. S. 557.

Reuss, A. E., Versteinerungen aus der Bleiglanzgrube „Kaisergrube“ am Wintersteine bei Ockstadt. — N. D. S. 28.

Seibert, Ph., Beiträge zur Geologie des Odenwaldes, insbesondere die dasigen körnigen Kalklager und Quarzgänge betreffend. — O. G. VIII. S. 76—81.

— — Buntsandstein in Section Erbach. — N. D. S. 126.

— — Tertiärer Meeressandstein von Weinheim. — Ebenda S. 128.

Weinkauff, H. C., Septarienthon im Mainzer Becken. — L. J. S. 177—195.

1861.

Blum, R., Die in der Wetterau vorkommenden Pseudomorphosen. — Wetterauer Ges. f. Nat. S. 15—25.

— — Neue Fundorte von Mineralien in der Wetterau. — Ebenda S. 26—31.

- Blum, R., Rösslerit, ein neues Mineral. — Ebenda S. 32—36.
- — Der Meteorstein von Darmstadt. — Heidelb. nat. med. Ver. II. S. 164.
- Fresenius, G., Ueber Phelonites lignitum und strobilina; Betula Salzhauseusis. — Palaeontogr. VIII. S. 155—159. Mit Tafel.
- Gergens, F., Eine Schwefelquelle im tertiären Kalke des Mainzer Beckens. — Natur S. 495.
- — Ueber fossile Bluteigel-Cocoons bei Mainz. — L. J. S. 670—71.
- Leonhard, G., Minette oder Glimmer-Porphyrat an der Bergstrasse. — Verh. des Naturhistor. Vereins zu Heidelberg II. S. 7.
- Ludwig, R., Ueber Bodenschwankungen im Gebiete des unteren Mainlaufs, während der Periode der Quartärbildungen. — Wetterauer Gesellsch. f. Naturk. S. 1—14.
- — Die Entstehung von Süßwasserquellen bei Homburg am Taunus. — N. D. S. 18.
- — Das Verhältniss der Braunkohlenablagerung der Grube Jägerthal bei Zell im nordöstlichen Vogelsberge zu den Vogelsberger Basalten. — N. D. S. 29 u. 39.
- — Süßwasserbivalven aus der Wetterauer Tertiärformation. — Palaeont. VIII. S. 195—199. Mit 1 Tafel.
- — Die Dyas in Westdeutschland. — In H. B. Geinitz, Dyas II. S. 239—281. Mit zwei Tafeln.
- Meyer, H. v., Ueber die sogenannten fossilen Schlangen-Eier des Bieberer Berges bei Offenbach. — L. J. S. 72—73.
- Schneider und Diehl, Die Bestandtheile des Weinbergsbodens in den Gemarkungen Sörgenloch, Ober-Ingelheim und Bodenheim. — Darmstädter Zeitung, Beilage 22.
- Seibert, Ph., Die krystallinen Gesteine des Odenwalds. — N. D. S. 2.
- — Knochenreste bei Heppenheim. — N. D. S. 7.
- — Aus der Section Worms. — N. D. S. 23.
- — Thier- und Pflanzenversteinerungen aus dem Bensheim-Heppenheimer tertiären Meeressandsteine. — N. D. S. 118.
- — Notizen aus der Section Hirschhorn. — N. D. S. 132.
- Stein, Ueber das Auftreten von Eisenerzen im Buntsandstein der Maingegend. — Berg- und Hüttenm.-Zeitung² S. 177.
- Tasche, H., Breccie aus Fischzähnen und Knochenstücken bei Angersbach. — N. D. S. 118.

1862.

- *** Uebersicht der Production des Bergwerks-, Hütten- und Salinenbetriebs im Grossherzogthum Hessen im Jahr 1860. — N. D. S. 2.



- Bräutigam, Die geognostischen Verhältnisse der Umgegend von Frankfurt. — Programm d. höh. Bürgerschule zu Frankfurt a. M.
- Fritz, L., Hochheims Mineralreichthum. Wiesbaden.
- Gergens, F., Gypsbildung im Mainzer Becken. Natur Nr. 13.
- Grooss, A., Aus der Section Usingen-Fauerbach. — N. D. S. 7.
- — Geognostische Beobachtungen in der Umgegend von Nieder-Ingelheim. — N. D. S. 107—112.
- Heyden, C. H. G. v., Gliederthiere aus der Braunkohle des Niederrheins, der Wetterau und der Röhn. — Palaeontogr. X. S. 62—82. Mit Tafel.
- Kaup, J. J., Beiträge zur näheren Kenntniss der urweltlichen Säugethiere. Revision und Beschreibung der tertiären Rhinocerosarten. Neue Ausgabe mit 10 Lithographien. Darmstadt. — Vergl. Kaup Beiträge 1854.
- Krauss, C. F. F., Der Schädel des Halitherium Schinzi Kaup, aus dem miocänen Sand von Flonheim und Uffhofen. Mit 2 Tafeln. Stuttgart. — Vergl. L. J. S. 385—415 mit Bemerkungen über das zu dem älteren Halitherium-Schädel gehörige Skelett von H. G. Bronn S. 416—418.
- Meyer, H. v., Tertiäre Decapoden aus dem Sphärosiderit des Taunus. — Palaeontographica X. S. 147.
- Scharff, F., Die Gerölle des unteren Mainlaufs. Darmstadt. — N. D. S. 24.
- Seibert, Ph., Aus der Section Worms, linke Rheinseite. — N. D. S. 41.
- — Aus der Section Worms, rechte Rheinseite. Gabbro und Diorit; Versteinerungen. — Ebenda S. 42 u. 112.

1863.

- Boettger, O., Clausilien aus dem tertiären Landschneckenkalk von Hochheim. — Palaeontogr. X. S. 309—318. Mit 1 Tafel.
- Buchner, O., Meteoritische Notizen aus Hessen. — O. G. X. S. 92—95.
- Grooss, A., Kies- und Dünensandablagerungen in der Section Mainz. — N. D. S. 8—11.
- — Blättersandsfeine in der Section Mainz. — Ebenda S. 27—30.
- — Beobachtungen über die Verbreitung und Aufeinanderfolge der Petrefacten in den Tertiärschichten der Section Mainz. — Ebenda S. 175—178.
- Hahn, O., Geognostische Beschreibung des Districts der Lindner Mark und ihrer nächsten Umgebung bei Giessen mit besonderer

- Rücksicht auf das Vorkommen der Manganerze, sowie sämtlicher mit denselben auftretender Mineralien. — D. g. Z. XV. S. 249—281.
- Ludwig, R., Aeltere Sedimentgesteine von Melaphyr durchbrochen zwischen Bodenheim, Nierstein und Dexheim in Rheinhessen. — N. D. S. 107.
- — Das Tertiärgestein und die aus Rothliegendem bestehende Höhe zwischen Nackenheim, Lörzweiler, Dexheim und Nierstein. — Ebenda S. 128—132.
- — Lagerung des Dolomits und Taunusquarzits in der Nähe der Braunsteingrube bei Oberrosbach (Section Friedberg). — Ebenda S. 42.
- — Rothliegendes zwischen Isenburg und Frankfurt. — Ebenda S. 60.
- — Bohrlöcher im Litorinellenthon bei Frankfurt. — Ebenda S. 150.
- — Der Septarienthon und die Süßwasserbildungen mit *Melania horrida* im Tertiärbecken Nieder- und Oberhessens. — Ebenda S. 178—180.
- — *Unio pachyodon*, *Unio Kiruensis*, *Anodonta compressa*, *Anodonta fabaeformis*. — Palaeontographica XI. S. 166—173. Mit 1 Tafel.
- Pauly, H., Ueber Minette und Glimmerporphyrite, vorzüglich im Odenwald. — L. J. S. 257—317 u. 418—512. Mit Tafel.
- Reis, W., Ueber den Vogelsberg. — L. J. S. 696.
- Reuss, A. E., Beiträge zur Kenntniss der tertiären Foraminiferen-Fauna: Die Foraminiferen des Septarienthones von Offenbach. — Sitzungsbericht der Wiener Akademie, Bd. XLVIII. S. 36—71. Mit 8 Tafeln.
- Schmid, E. E., Mikroskopische Formen des Wetterauer Zechsteins. — L. J. S. 564—565.
- Tasche H., Der Tuffstein bei Michelau. — Gewerbeblatt f. d. Gr. Hessen Nr. 51.
- — Braunkohlenlager bei Langgöns. — N. D. S. 60 u. 174.

1864.

- Fuchs, C. W. C., Schillerfels bei Schriesheim a. d. Bergstrasse. — L. J. S. 326—332.
- Langsdorf, Berührung der Basalte mit Todtliegendem. — N. D. S. 168.
- Leonhard, G., Ueber das Vorkommen von Scheelit bei Schriesheim unfern Heidelberg. — L. J. S. 819—820.

- Ludwig, R., Die Mainzer Oligocaenformation; Perna-Arten im Mainzer Becken. — Bull. de la soc. des natural. de Moscou S. 316; vergl. L. J. S. 460—463.
- — Pteropoden aus dem Devon in Hessen und Nassau, sowie aus dem Tertiärthon des Mainzer Beckens. — Palaeontogr. XI. S. 311—323. Mit Tafel.
- — Geologisches aus dem Mainzer Becken; Modell vom Dorheimer Braunkohlenflötze. — L. J. S. 212—213.
- — Die Pliocaenschichten mit *Unio viridis* in der Wetterau. — N. D. S. 76.
- — Die Sandsteine von Alzey, Weinheim und Flonheim und ihr Verhältniss zur Oligocaen-Formation. — N. D. S. 107.
- — Braunkohlen in der Litorinellenkalkgruppe der Tertiärformation bei Mainz. — Ebenda S. 109.
- — Die Sande, Thone und Mergel der Oligocaenformation in Rheinhessen. — Ebenda S. 121.
- Meyer, H. von, Ueber eigentümliche Knochen von Flörsheim und solche von cariöser Beschaffenheit. — L. J. S. 209—210.
- Reuss, A. E., Ueber Anthozoen und Bryozoen des Mainzer Tertiärbeckens. Mit 3 Tafeln. Wien. — Sitz.-Ber. der Akad. Math. nat. Cl. Bd. L. S. 153—169.

1865.

- Glaser, L., Naturgeschichtliche Beschreibung der Wormser Rheinebene. — Programm des Gymnasiums zu Worms, S. 1—3.
- Heyden, C. v., und L. v., Fossile Insecten aus der Braunkohle von Salzhausen. — Palaeont. XIV. S. 31—35. Mit Tafel.
- Hoffmann, H., Untersuchungen zur Klima- und Bodenkunde mit Rücksicht auf die Vegetation. — Beilage zur botanischen Zeitung.
- Knop, A., Ueber den Nephelin-Dolerit von Meiches im Vogelsberg. — L. J. S. 674—710.
- Langsdorf, Basalt und Buntsandstein auf dem Otzberg. — N. D. S. 80.
- — Basalt und Buntsandstein bei Eisenbach. — N. D. S. 95.
- Ludwig, R., Melaphyrgang im Granit an der Stiftsstrasse in Darmstadt. — N. D. S. 188.
- — Der Septarienthon über den Braunkohlen mit *Glyptostrobus europaeus* bei Zell im Vogelsberge. — Ebenda S. 157.
- — Ueber neue Versteinerungen des Mainzer Tertiärbeckens. — L. J. S. 51—55.
- — Schwefelkies durch faulende Pflanzen gebildet. — N. D. S. 81—83.

- Ludwig, R., Melaphyr in der Nähe von Frankfurt. — N. D. S. 95.
 — — Fossile Conchylien aus den tertiären Süßwasser- und Meerwasser-
 Ablagerungen in Kurhessen, dem Grossh. Hessen und der baye-
 rischen Rhön. — Palaeontogr. XIV. S. 40—97. Mit 11 Tafeln.
 — — Untersuchung von Versteinerungen des Mainzer Beckens. —
 N. D. S. 47.
 — — Versteinerungen im Stringocephalenkalk bei Waldgirmes. —
 Ebenda S. 62.
 — — Stringocephalenkalk und Kramenzelschiefer der devonischen
 Formation zwischen Langgöns, Butzbach und Holzheim. — Ebenda
 S. 95—96.
 — — Ueber die Thätigkeit des mittelhessischen geologischen Vereins;
 die Ablagerungsformen der Braunkohle von Dorheim in der Wet-
 terau. — Amtl. Bericht über d. 39. Vers. deutscher Naturforscher
 und Aerzte in Giessen 1864.
 Meyer, H. v., Die Fischreste im tertiären Meeresthone bei Nierstein.
 — N. D. S. 80.
 — — Gobius Nassoviensis und Fliegenlarve von Nieder-Flörsheim. —
 L. J. S. 604.
 — — Tertiärer Thon bei Nierstein. — L. J. S. 215.
 Seibert, Ph., Beiträge zur Geologie des hessischen Odenwalds; mine-
 ralogische und geologische Beobachtungen in den Jahren 1857
 —1859. — O. G. XI. S. 109—137.
 Storch, L., Ueber die Entstehung der Wetterauer Braunkohlenlager,
 insbes. des Bauernheimer Kohlenlagers. — L. J. S. 450—455.
 Wagner, C., Ueber die Umgegend von Bingen. — Vergl. Ver. d.
 naturh. Vereins für Rheinl. und Westph. XXII. Corr. S. 81—84.
 Weinkauff, C. H., Ein Beitrag zur Kenntniss der Tertiärbildungen
 in der hessischen Pfalz und den angrenzenden preussischen und bayerischen Bezirken. — L. J. S. 171—211.

1866.

- Grooss, A., Aus den Sectionen Bingen und Mainz. — N. D. S. 125.
 Heyden, C., und L. v., Dipteren-Larve aus dem Tertiärthon von
 Niederflörsheim in Rheinhessen. — Palaeontogr. XV. S. 157.
 Mit Tafel.
 Ludwig, R., Die Mainzer und Hessische Tertiärformation. — L. J.
 S. 59—70.
 — — Foraminiferen in den marinen Tertiärthonen von Offenbach,
 Kreuznach, Eckardroth und Alsfeld. — N. D. S. 79.

- Ludwig, R., *Pinna rugosa* Ldwg. und *Acerotherium incisivum* Kaup in den tertiären Kalklagern von Weisenau. Haifischreste im Meeresthon von Nierstein. — N. D. S. 11.
- Merz, C., Chemische Untersuchung des Mainwassers oberhalb und unterhalb der Stadt Offenbach, nebst Gutachten. — VII. Bericht des Offenbacher Vereins für Naturkunde, S. 80—97.
- Meyer, H. v., *Cervus diluvianus* im Sand von Mosbach. — L. J. S. 576—577.
- Reuss, A. E., „Die Foraminiferen von Alsfeld und Offenbach“ in: Die Foraminiferen, Anthozoen und Bryozoen des deutschen Septarienthones. Wien.— Denkschr. der Akad. Math. nat. Cl. Bd. XXV. S. 117.
- Rolle, F., Uebersicht der geognostischen Verhältnisse von Homburg v. d. Höhe. Homburg.
- *** Uebersicht der Production des Bergwerks-, Hütten- und Salinenbetriebs im Grossh. Hessen im Jahr 1862 u. 1863. — N. D. S. 40.

1867.

- Boettger, O., Ueber die nachweisbaren Spuren des Lebens der Thier- und Pflanzenwelt in der Vorzeit. — VIII. Ber. d. Offenb. Vereins für Naturkunde S. 40. Mit Tafel.
- Hoffmann, H., Pflanzenarealstudien in den mittelhessischen Gegenden. — O. G. XII. S. 51 und fortgesetzt O. G. XIII. S. 1—63. Mit Karten und Tafeln.
- Hornstein, F. F., Ueber die Basaltgesteine des unteren Mainthals. — O. G. XII. S. 297; vergl. L. J. 1868 S. 210.
- Laspeyres, H., Kreuznach und Dürkheim a. d. Hardt. — D. g. Z. S. 803 und 1868 S. 153. Mit Tafel.
- Lossen, C., Geognostische Beschreibung der linksrheinischen Fortsetzung des Taunus in der östlichen Hälfte des Kreises Kreuznach nebst einleitenden Bemerkungen über das Taunus-Gebirge als geognostisches Ganze. — D. g. Z. S. 509. Mit Tafel.
- Ludwig, R., Geologische Skizze des Grossherzogthums Hessen. Mit einer geologischen Uebersichtskarte. Darmstadt.
- — Meeresthon-Schichten auf der projectirten Eisenbahnlinie Bodenheimer-Albig-Bingen in Rheinhessen. — N. D. S. 106.
- Meyer, H. v., Ueber fossile Eier und Federn. — Palaeontographica XV. S. 223. Mit 3 Tafeln.
- — Amphicyon mit krankem Kiefer aus dem Tertiärkalk von Flörsheim. — Ebenda XV. S. 253—259. Mit 1 Tafel.
- — „*Tapirus priscus* aus dem Sande von Eppelsheim.“ — Ebenda S. 171.

- Scharff, Fr., Kalkspath und Pseudomorphosen des Granats von Auerbach a. d. B. — L. J. S. 452—455.
- Schmid, E. E., Ueber die kleineren organischen Formen des Zechsteinkalkes von Selters in der Wetterau. — L. J. S. 576—588. Mit Tafel.
- Weiss, E., Ueber ein angebliches Vorkommen von Ullmannia-Saudestein in Rheinessen. — VIII. Ber. d. Offenb. Ver. f. Nat. S. 88.
- Württenberger, G., Die diluvialen Eisensteine im Regierungsbezirk Cassel, verglichen mit den Basalteisensteinen des Vogelsberges. — L. J. S. 685—695.

1868.

- Ettingshausen, C. v., Die fossile Flora der älteren Braunkohlenformation der Wetterau. — Sitzungsber. der K. K. Akad. d. Wissensch. Wien. LVII. Mit 5 Tafeln. Vergl. L. J. 1870 S. 250.
- Lettermann, E., Baryt im Anamesit der Teufelskaute bei Steinheim. Hanau. — Wetterau. Ges. für Naturk. S. 61—64.
- Ludwig, R., Versuch einer Statistik des Grossherzogthums Hessen auf Grundlage der Bodenbeschaffenheit. Darmstadt.
- Petersen, Th., Magnetkies von Auerbach, Grossherzogthum Hessen. Offenbach. IX. Bericht d. Offenb. Ver. f. Naturk. S. 86.
- — Ueber phosphorsauren Kalk etc. — Ebenda S. 92.
- Weiss, E., und H. Laspeyres, Begleitworte zur geognostischen Uebersichtskarte des kohlenführenden Saar-Rhein-Gebietes. Berlin.

1869.

- Boettger, O., Beitrag zur paläontologischen und geologischen Kenntniss der Tertiärformation in Hessen. Offenbach. — Vergl. Palaeontogr. 1870.
- Koepfen, W., Ueber das Kieferfragment einer fossilen Katze aus Eppelsheim als Beitrag zur Kenntniss des felinen Gebisses. — Palaeontogr. XVII. S. 141.
- Ludwig, R., Die Erdbeben in der Umgegend von Darmstadt und Gross-Gerau im October 1869. — N. D. S. 161.
- — Fossile Pflanzenreste aus den palaeolithischen Formationen der Umgebung von Dillenburg, Biedenkopf und Friedberg und aus dem Saalfeldischen. — Palaeontogr. XVII. S. 105—128 mit Nachtrag XVII. S. 137. Mit 10 Tafeln.
- — Versteinerungen im Stringocephalenkalk bei Waldgirmes. — N. D. S. 29.
- — Ueber die Lagerungsverhältnisse der Dyasformation bei Büdingen in Oberhessen. — N. D. S. 174.

- Ludwig, R., Ueber die Lagerungsverhältnisse der Dyasformation bei Frau-Nausen im Odenwald. — N. D. S. 175.
- Noeggerath, J., Ueber die 4 jüngsten Erdbeben im Rheinlande. — Verhandl. des naturhist. Ver. f. Rheinl. u. Westf. S. 113 Corresp.-Bl. — Vergl. Ebenda 1870. Verh. S. 1—12.
- Petersen, Th., Ueber den Basalt und Hydrotachylit von Rossdorf bei Darmstadt. — L. J. S. 32—41.

1870.

- Boettger, O., Neue Conchylien des Mainzer Tertiärbeckens. — Paläontogr. XIX. S. 35—45. Mit 2 Tafeln.
- — „Notizen über Hochheim“ in: Revision der tertiären Land- und Süßwasserversteinerungen des nördlichen Böhmens. — Jahrbuch der K. K. geol. Reichsanstalt. Wien.
- Dechen, H. v., Erläuterungen zur geologischen Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen, sowie einiger angrenzenden Gegenden. I. Theil. Die orographischen und hydrographischen Verhältnisse. Bonn.
- Gäbel, F. H., Die rheinländischen Erdbeben von 1869; ihre Veranlassung, Wirkung und Ausdehnung. Wiesbaden.
- Ludwig, R., Geologische Notizen zur Section Alzey. — N. D. S. 127.
- Rolle, Fr., Ueber Mineralquellen und Erdbeben (Tannus und Gross-Gerau). — L. J. S. 788.
- Sandberger, Fr., Die Land- und Süßwasserconchylien der Vorwelt. Wiesbaden. 1870—1875.
- Streng, A., Ueber ein neues Vorkommen von Gismondin bei Giessen. — L. J. S. 430. (Aus den mineralogischen Notizen. Schluss.)
- Zirkel, F., Untersuchungen über die mikroskopische Zusammensetzung der Basalt-Gesteine. Bonn.

1871.

- Becker, F., Ueber die Wasserversorgung von Darmstadt. Darmstadt.
- Cohen, E., Die zur Dyas gehörigen Gesteine des südlichen Odenwaldes. Nebst Karte. Heidelberg.
- Fritsch, K. v., Ueber einige fossile Crustaceen aus dem Septarien-thon des Mainzer Beckens. — D. g. Z. S. 679. Mit 2 Tafeln.
- — Ueber einige neuere Funde in den ältesten marinen Tertiärschichten der Frankfurter Gegend. Senkenberg. naturf. Gesellsch. (Vortrag).
- Ludwig, R., Cyphosoma rhenana. Mit Tafel. — N. D. S. 49.
- — Rückblicke. — N. D. S. 1.

- Möhl, H., Mikroskopische Untersuchung von Basaltgesteinen. — N. D. S. 71.
- — Die Gesteine (Tachylit, Basalt und Dolerit) der Sababurg in Hessen, nebst Vergleichung mit ähnlichen Gesteinen. — Verein für Nat. in Cassel. Bericht 16—18. Anhang.
- Petersen, Th., Zusammensetzung des Offenbacher Rupelthons. — XII. Bericht des Offenb. Ver. f. Nat. S. 92—94.

1872.

- Fritsch, K. v., Ueber Funde im Mainzer Becken bei Weinheim, Hochheim und Massenheim. — D. g. Z. S. 170.
- Lettermann, E., Vorkommen von Flussspath im Baryt von Klein-Umstadt. — N. D. S. 176.
- Ludwig, R., Geologische Notizen aus der Section Dieburg. — N. D. S. 65.
- Nies, Fr., Der Kalkstein von Michelstadt im Odenwald. — Würzburg. physic. medic. Gesell. N. Folge III.; vergl. L. J. S. 763—766.
- Rosenbusch, H., Der Hydrotachylit vom Rossberg. — L. J. S. 614—619.
- Streng, A., Bemerkungen über die krystallinischen Gesteine des Saar-Nahe-Gebiets. — L. J. S. 261 u. 370.
- Weiss, E., Fossile Flora der jüngsten Steinkohlenformation und des Rothliegenden im Saar-Rheingebiet. Mit Tafeln. Bonn 1869—1872.
- Zirkel, F., Glaserfüllte Sandsteine aus dem Contacte mit Basalt. — L. J. S. 7—12 (aus den mikromineralogischen Mittheilungen).

1873.

- Boettger, O., Kurze Notizen über die im Laufe des Vereinsjahres 1871—72 in den geschichteten Formationen von Offenbach neu gemachten Funde an Versteinerungen. — XIII. Bericht d. Offenb. Ver. f. Nat. S. 69—72.
- — *Spermophilus citillus*, var. *superciliosus* Kaup, ein riesiger, fossiler Ziesel von Bad-Weilbach, nebst einer Kritik der bis jetzt in der Literatur erwähnten fossilen *Spermophilus*-arten. — XIV. Bericht d. Offenb. Ver. f. Nat. S. 103—122. Mit Tafel.
- — Ueber Lehm der Maingegenden. — D. g. Z. S. 763. Protokoll.
- Dieffenbach, Ferd., Plutonismus und Vulkanismus in der Periode von 1862—1872 und ihre Beziehungen zu den Erdbeben im Rheingebiet. Auf Grund der neuesten Forschungen und mit Berücksichtigung von mehr als tausend Erdbeben und Vulkanausbrüchen dargestellt. Darmstadt.

- Fritsch, K. v., Ueber Amphisyle von Flörsheim. — D. g. Z. (Protokoll) S. 758.
- Ludwig, R., Die Oligocänenformation am Karlshofe bei Darmstadt; Kobaltblüthe bei Hochstädten. — N. D. S. 18 u. 78.
- Möhl, H., Die südwestlichsten Ausläufer des Vogelsgebirges. Mikroskopische Untersuchungen der Basalte etc. der Mainebene. — XIV. Bericht d. Offenb. Ver. f. Nat. S. 51—101. Mit Tafel. 1. Theil.
- Petersen, Th., Basalt und Hydrotachylit des Rossberges bei Darmstadt. — L. J. S. 385.
- Platz, Ph., Geologie des Rheinthals. — Verhandl. d. nat. Ver. zu Karlsruhe VI. S. 152—213.
- Streng, A., u. K. Zöpprit, Ueber den basaltischen Vulkan Aspenskippel bei Climbach unweit Giessen. Nebst Karte. — O. G. XIV. S. 28; vergl. L. J. S. 427.
- Streng, A., Mikroskopische Untersuchung einiger Porphyrite und verwandter Gesteine aus dem Nahe-Gebiete. — L. J. S. 225—41.
- Trapp, C., Die Brauneisensteinlager des oberen Bieberthals bei Giessen. Mit Karte 1:50,000 u. Profil. — O. G. XIV. S. 31.

1874.

- Boettger, O., Ueber die Gliederung der Cyrenenmergelgruppe im Mainzer Becken. — Senkenberg. naturf. Ges. Ber. S. 80—102.
- Diefenbach, F., Die Erdbeben u. Vulkanausbrüche des Jahres 1872. — L. J. S. 155.
- Geyler, H. Th., Ueber die Tertiärfloora von Stackeden-Elsheim in Rheinhessen. — Senkenb. nat. Ges. Bericht S. 103—112.
- — Notiz über *Imbricaria Ziegleri* n. sp., eine Flechte aus der Braunkohle von Salzhausen. — Ebenda S. 112.
- Maurer, Fr., Paläontologische Studien im Gebiet des rheinischen Devon. I. — L. J. S. 453—459. Mit Tafel.
- Sandberger, F., Feldspathbasalte im Vogelsberge und ihre Zeolithe. — L. J. S. 173.
- Streng, A., Ueber einige in Blasenräumen der Basalte vorkommenden Mineralien. — L. J. S. 561.

1875.

- Koenen, A. v., Ueber oberen Keuper und unteren Lias bei Angersbach bei Lauterbach. — D. g. Z. Brief S. 706 u. Protokoll S. 742.
- Ludwig, R., Desmin bei Auerbach. — N. D. S. 92.

- Maurer, Fr., Paläontologische Studien im Gebiete des rheinischen Devon. II. Die Fauna des Rotheisestein der Grube Haina bei Giessen. — N. J. S. 596—618. Mit Tafel.
- Sandberger, Fr., Die prähistorische Zeit im Maingebiete. — Gemeinnützige Wochenschrift 1875. Würzburg.
- Speyer, O., Die paläontologischen Einschlüsse der Trias in der Umgebung Fulda's. — Fuldaer Verein für Naturk. S. 43.
- Streng, A., Desmin bei Auerbach a. d. Bergstrasse. — L. J. S. 730.
- — Ueber die Krystallform und die Zwillingsbildungen des Phillipsit. — L. J. S. 585.
- — Ueber Granat und Apophyllit von Auerbach. — L. J. S. 393.
- — Gismondin bei Gedern im Vogelsberg. — L. J. S. 624.
- Tecklenburg, Th., Geognostische Profile aus Hessen. 16 Blätter mit Erläuterungen. Friedberg.

1876.

- Koch, C., Ueber die geognostischen Verhältnisse des Taunus. — Senkenb. naturf. Gesell. S. 105—123. (Vortrag).
- Ludwig, R., Braunkohle bei Messel. — N. D. S. 1.
- Streng, A., Kakoxen auf Brauneisensteinlagern bei Giessen und ein neues Mineral daselbst. — L. J. S. 854.
- Winther, A., und W. Will, Ueber den Basalt des Schiffenbergs. — O. G. XV. S. 33—44.

1877.

- Boettger, O., Clausilienstudien. Cassel. — Paläontograph. Suppl. III. Mit 4 Tafeln. — Vergl. 1878 L. J. S. 431.
- — Ueber die Fauna des ächten Cyrenenmergels von Sulzheim bei Wörrstadt. — N. D. S. 250.
- — Ueber die Fauna der Corbicula-Schichten im Mainzer Becken. Cassel. Paläontograph. XXIV. S. 185—220.
- Koch, C., Beitrag zur Kenntniss der Ufer des Tertiärmeeres im Mainzer Becken. — Senkenb. naturf. Ges. Bericht S. 75—93.
- Ludwig, R., Fossile Crocodiliden aus dem Oligocæn des Mainzer Tertiärbeckens. — L. J. S. 74.
- — Fossile Crocodiliden aus der Tertiärformation des Mainzer Beckens. Mit 16 Tafeln. — Palaeontographica Suppl. III. Vergl. L. J. S. 875.
- — Der krystallinische Kalk von Auerbach a. d. Bergstrasse und seine Begleiter. — N. D. S. 65.



- Ludwig, R., Die Mineralien in den Drusen des Melaphyrs von Traisa und dem Basalte des Rossbergs. — N. D. S. 129.
- — Mineralien und Versteinerungen aus der Umgegend von Hering, Wiebelsbach, Umstadt. — N. D. S. 161.
- Nies, A., Strengit, ein neues Mineral. — L. J. S. 8—16.
- — Zwei neue Mineralien vom Dünsberg. — L. J. S. 176.
- Rolle, F., Fossile Pflanzen zu Obererlenbach (Wetterau). — L. J. S. 769—783.
- Schopp, H., Begleitworte zur geologischen Karte der nächsten Umgebung von Wonsheim in Rheinhessen. Programm des Gymnasiums zu Darmstadt S. 2. Mit geologischer Karte.
- Streng, A., Ueber den Chabasit. — O. G. XVI. S. 74—123. Mit Tafel.
- Tecklenburg, Th., Vergleichende Zusammenstellung der Production der Bergwerke im Grossherzogthum Hessen in den Jahren 1860—1876. Darmstadt. — N. D. S. 163.

1878.

- Boettger, O., Abbildungen seltner oder wenig bekannter Limneen des Mainzer Beckens. — XVII—XVIII. Bericht d. Offenb. Ver. f. Nat. Mittheilungen S. 13—17. Mit Tafel.
- — Die Clausilien des Mosbacher Sandes. — N. D. S. 321.
- Bücking, H., Die geognostischen Verhältnisse des Büdinger Waldes und dessen nächster Umgebung mit besonderer Berücksichtigung der tertiären Eruptivgesteine. I. Theil. Mit Tafel. — O. G. XVII. S. 49—92.
- — Ueber Basalt vom südöstlichen Vogelsberg und von Schwarzenfels in Hessen. — Mineralog. Mittheilungen von G. Tschermak u. F. I. S. 101; vergl. L. J. 1879 S. 656.
- — Ueber Augitandesite in der südlichen Rhön und in der Wetterau. — Ebenda S. 1—14.
- — Ueber Augitandesit und Plagioklasbasalt. — Ebenda S. 538; vergl. L. J. 1879 S. 658.
- Buchner, O., und G. Tschermak, Der Meteorstein von Hungen. — Mineral. Mittheilungen von G. Tschermak 1877 Nr. 4. — L. J. S. 411.
- Hassenkamp, E., Geologisches aus der Umgegend von Fulda. — Fuldaer Verein für Naturk., Bericht 5 und 6, 1878 und 1880.
- Klipstein, A. v., Nephelinfels von Meiches. Brief an Prof. Leonhard. — L. J. S. 722.

- Koch, C., Thalbildungen und zeitweise Aenderungen der Flussläufe mit speciellen Betrachtungen des Rheingebietes. — Senkenb. naturf. Ges. (Vortrag).
- — Das Mainzer Becken und seine Veränderungen bis zu seiner Austrocknung. — Naturforsch. Ges. zu Mainz (Vortrag).
- Ludwig, R., Braunkohlen bei Seligenstadt a. M. — N. D. S. 323.
- Riemann, W., Beschreibung des Bergreviers Wetzlar. Mit 2 Karten und 8 Tafeln. Bonn.
- Sandberger, F., Ueber Dolerit und Feldspathbasalt. — Mineralogische Mittheilungen von G. Tschermak I. S. 280; vergl. L. J. 1879 S. 658.
- Streng, A., Geologisch-mineralogische Mittheilungen. — O. G. XVII. S. 36—49.
- 1) Vorläufige Mittheilungen über den Quarz von der Grube Eleonore am Dünsberg bei Giessen. S. 36.
 - 2) Basaltdurchbrüche am Wetteberge bei Giessen. S. 42.
 - 3) Das Schlacken-Agglomerat von Michelau bei Nidda. S. 44.
 - 4) Roth, L., Magnetkies von Auerbach. S. 45.
 - 5) — — Neues Vorkommen von Gismondin. S. 47.
- — Geologische Geschichte des Rheinhals. — O. G. XVII. S. 104. Vortrag.
- — Ueber Gismondin von Burckhardt und Niederseemen bei Giedern. — D. g. Z. S. 542. (Protocoll.)

1879.

- Benecke, E. W., und E. Cohen, Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg, nebst 2 Karten. Strassburg.
- Buchrucker, A., Die Braunkohlenablagerungen am Südwestrande des Vogelgebirges. — Berg- und Hüttenmännische Zeitung Nr. 11 S. 89—92.
- Bücking, H., Haplocrinus stellaris und Littorina subrugosa aus dem Rotheisenstein der Grube Haina bei Giessen. — L. J. S. 55.
- Cohen, E., Briefliche Mittheilung an den Secretär des oberrhein. geologischen Vereins: Ueber Gesteine der Umgegend von Darmstadt und den Hydrotachylit vom Rossberg. — L. J. S. 870.
- Hoffmann, H., Nachträge zur Flora des Mittelrheingebietes. Mit Arealkarten. — O. G. XVIII. S. 1. (Fortgesetzt in den folgenden Berichten bis 1883.)
- Holzappel, E., Die Zechsteinformation am Ostrande des Rhein.-Westphälischen Schiefergebirges. Inaug.-Diss. Marburg.



- Koenen, A. von, Ueber den Bimstein südlich von Launsbach bei Lollar. Sitzungsber. d. Ges. z. Bef. d. Naturw. in Marburg 2. S. 21.
 — — Ueber das Alter und die Gliederung der Tertiärbildungen zwischen Guntershausen und Marburg. Marburg.
 Sandberger, Fr., Kobaltmineralien im körnigen Kalk von Auerbach. — L. J. S. 367.
 Streng, A., Ueber die Pflanzenreste im Eisensteinlager von Bieber bei Giessen. — O. G. XVIII. S. 143—147; vergl. L. J. 1880 II. S. 83.
 Tecklenburg, Th., Geologische Verhältnisse der Provinz Starkenburg, insbesondere der Umgebung von Darmstadt. Darmstadt.

1880.

- Bischof, C., Bauxit bei Giessen.
 Koch, C., Mittheilung über das im Herbste 1879 auf der Grube Eleonore bei Fellingshausen und Bieber aufgeschlossene Vorkommen von Pflanzenresten. — Jahrb. der Königl. preuss. geolog. Landesanstalt für 1880. S. 267.
 — — Mesozoische und neozoische Schichten. — Bericht der Senkenb. naturf. Gesellschaft (Vortrag).
 — — Erläuterungen zu den Blättern Eltville, Wiesbaden, Hochheim der geologischen Specialkarte von Preussen. Berlin.
 Meyer, O., Paläontologische Notizen aus dem Mainzer Tertiär. Mit 1 Tafel. — Senkenberg. nat. Ges., Bericht S. 311—321.
 Nies, A., Vorläufiger Bericht über zwei neue Mineralien von der Grube Eleonore am Dünsberg bei Giessen. — O. G. XIX. S. 111—113.
 Streng, A., Ueber die Phosphate von Waldgirmes bei Giessen. — O. G. XIX. S. 151—153; vergl. L. J. 1881 I. S. 101. Mit Tafel.
 Stumpf, K., Die Mainzer Quellen. Mit Karte. Mainz.
 Tecklenburg, Th., Uebersicht über die geologischen Verhältnisse der Provinz Oberhessen. Darmstadt. — Separatabdruck aus der Darmstädter Zeitung.

1881.

- Becker, A., Ueber die Olivinknollen im Basalt. — D. g. Z. XXXIII. S. 36 ff. Mit Tafel. (Beschreibt Basalte aus Hessen.)
 Harres, W., Die Mineralvorkommen im körnigen Kalk von Auerbach a. d. B. — N. D. S. 9 u. 17.
 Lepsius, R., Materialien zur geologischen Specialkarte des Grossherzogthums Hessen. — N. D. S. 1 u. 19 mit 1 Tafel.
 Rath, G. v., Orthit im körnigen Kalke von Auerbach. — Sitzungsberichte der niederrhein. Gesellschaft in Bonn S. 25—28.

- Roth, J., Petrographische Beiträge. 2. Basalt von Nierstein — Monatsberichte der königl. Akad. d. Wiss. zu Berlin vom 13. Januar.
- Sommerlad, H., Vorläufiger Bericht über hornblendeführende Basalte. O. G. XX. S. 113.
- Tecklenburg, Th., Ueber die Bohnerze in Rheinessen. — Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen XXIX. S. 210—217. Berlin.

1882.

- Boettger, O., Triptychia und Ferrulina sind als Genera aufzufassen. — Nachrichtsbl. d. malakoz. Gesellschaft S. 33—35.
- Chelins, C., Inhaltsverzeichnis der geologischen Mittheilungen im Notizblatt des Vereins für Erdkunde. — N. D. S. 10.
- Harres, W., Die Mineralvorkommen im körnigen Kalk von Auerbach a. d. B. und in Quarzgängen. Nachtrag. — N. D. S. 6.
- Lepsius, R., Halitherium Schinzi, die fossile Sirene des Mainzer Beckens. Mit 10 Tafeln. Darmstadt. — Vergl. L. J. II. Ref. S. 134.
- Sandberger, F., Mineralogisches von der Bergstrasse. — L. J. I. S. 157. Brief.
- — Die Triasformation im mittleren Maingebiete. — Würzburger gemeinnützige Wochenschrift Nr. 1—6. — Vergl. L. J. II. Ref. S. 269.
- Sommerlad, H., Ueber Hornblendeführende Basaltgesteine. Mit Tafel. Inaug.-Dissertation. Giessen.

1883.

- Boettger, O., Paläontologische Mittheilungen. Die Arten der Gattung Stenomphalus Sandb. und Cypraca L. im Mainzer Becken. — Offenb. Verein für Naturk. Bericht XXII. u. XXIII. S. 217—224. Mit Tafel.
- — Pholadomya Puschi Goldf. von Breckenheim. Mit Abbildung. — Senkenb. naturf. Ges., Bericht S. 264.
- Cohen, E., Vermeintliches Meteoreisen von Mainz. — Bericht über die XVI. Versammlung des oberrhein. geolog. Vereins S. 10. Stuttgart.
- Darmstadt, M., Beschreibung der nutzbaren Gesteine des Grossherzogthums Hessen. Mainz.
- Dechen, H. von, Notiz über die zweite Ausgabe der geologischen Uebersichtskarte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen. — Verb. d. naturh. Vereins f. Rh.-W. I. S. 312.
- Geyler, H. Th., Verzeichniss der Tertiärflora von Flörsheim a. M. — Senkenb. nat. Ges. Ber. S. 285—287.

- Koch, C., Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Preussen etc. Blatt Sachsenhausen, Frankfurt, Schwanheim. Vollendet von Kayser und Loretz. Berlin.
- Kinkel, F., Mittheilungen aus dem Mainzer Tertiärbecken. — Senkenb. naturf. Gesellsch. Ber. S. 265—284.
- Klein, C., Mineralogische Mittheilungen IX. B. a. 1. Weisser Granat von Auerbach a. d. B. — L. J. I. S. 109—112.
- Lepsius, R., Das Mainzer Becken, geologisch beschrieben. Nebst geologischer Karte. Darmstadt.
- — Bericht über das Erdbeben am 27. Juni 1883. — Darmstädter Zeitung Nr. 182 vom 4. Juli.
- Magel, G., Die Arsenkiese von Auerbach. — O. G. XXII. S. 297—304. Mit Tafel.
- Nies, A., Gypsspath von Mainz. — Bericht über die XVI. Versammlung des Oberrh. geolog. Vereins S. 7. Stuttgart.
- Sommerlad, H., Ueber Nephelingeite aus dem Vogelsberg. — O. G. XXII. S. 264—284. Mit Tafel. — Vergl. L. J. II. S. 372.
- Stroman, A., Die Kalkspathkrystalle der Umgegend von Giessen. — O. G. XXII. S. 284—297.
- Tecklenburg, Th., Geognostische Beschreibung des Kräbbergtunnels. — D. g. Z. XXXV. S. 399—428. Mit 1 Tafel.
- Weinsheimer, O., Ueber *Dinotherium giganteum* Kaup. — Palaeontologische Abhandlungen von W. Dames und E. Kayser. I. Heft 3. Mit 3 Tafeln. Berlin.
-

II. Karten.

1822.

Steininger, J., Gebirgskarte der Länder am Rheine zwischen 23°—26° Länge und 49°—51° Breite. Mainz. S. I. S. 4.

1825.

Oeynhausens, C. v., La Roche und H. v. Dechen, Geognostische Karte der Rheinländer zwischen Basel und Mainz. Berlin. Siehe I. S. 5.

Wille, G. A., Petrographische Karte von den zwischen dem Tannus und dem Vogelsgebirge gelegenen Gebirgsmassen. Mainz. Siehe I. S. 6.

— — Geognostische Karte von dem kurhessischen Amte Dorheim nebst Umgebungen. Mainz. Siehe I. S. 6.

1826.

Klipstein, A. von, Geognostische Karte des Vogelsgebirges und der Wetterau nebst einigen angrenzenden Gegenden.

1827.

Klipstein, A. von, Geognostische Karte von dem Odenwald und einigen angrenzenden Gegenden. Siehe I. S. 6.

1834.

Klipstein, A. von, Geognostische Karte von Rhein Hessen.

1836.

Klipstein, A. von, und J. J. Kaup, Geognostische Karte von Rhein Hessen. 1:200,000. Siehe I. S. 8.

— — Terrainkarte des südöstlichen Theils von Rhein Hessen. 1:100,000. Siehe I. S. 8.



1840.

- Kittel, M. B., Geognostische Karte der Umgegend Aschaffenburgs.
1:90,000. Aschaffenburg. Siehe I. S. 10.
- Speyer, Aug. Ferd., Geognostische Karte der Gegend zwischen dem
Taunus, Vogelsberg-, Spessart- und Rhöngebirge, besonders der
kurhessischen Provinz Hanau. Hanau.

1843.

- Riedheim, Th. von, Karte zur naturhistorischen Beschreibung des
hessen-darmstädtischen Odenwaldes. Heidelberg. Siehe I. S. 11.

1849.

- Sandberger, Fr., Geognostische Karte der Gegend von Wiesbaden.
1:75,000. Siehe I. S. 14.

1850.

- Becker, F., Geognostische Uebersichtskarte von dem Grossherzogthum
Hessen. 1:500,000. Darmstadt. Siehe I. S. 13.

1852.

- Klipstein, A. von, Geognostische Karte des Grossherzogthums
Hessen und des preussischen Kreises Wetzlar. 1:50,000. Frank-
furt a. M. Section Gladenbach. Siehe I. S. 14.
- Ludwig, R., Petrographische Karte des südöstlichen Taunus. 1:200,000.
Wiesbaden. Siehe I. S. 16.
- Voltz, Fr., Geologische Uebersichtskarte des Grossherzogthums Hessen.
1:500,000. Mainz. Siehe I. S. 15.

1853.

- Tasche, H., Petrographische Karte der Umgebung von Salzhausen.
1:50,000. Giessen. Siehe I. S. 17.

1854.

- Schwarzenberg, A. und H. Reusse, Geognostische Karte von
Kurhessen und den angrenzenden Ländern zwischen Taunus,
Harz und Wesergebirge. 1:400,000. Siehe I. S. 17.

1855.

Mittelrheinischer geologischer Verein zu Darmstadt, Geologische Specialkarte des Grossherzogthums Hessen und der angrenzenden Landesgebiete. 1:50,000. 17 Sectionen. Nebst Mittheilungen mit Höhenverzeichnissen, Tafeln und Profilkarten. Darmstadt 1855—1872. Siehe I. S. 19.

Ludwig, R., Section „Friedberg“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

— Versuch einer geographischen Darstellung von Hessen in der Tertiärzeit. 1:900,000. Darmstadt. Siehe I. S. 18.

1856.

Dieffenbach, E., Section „Giessen“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

Sandberger, G., Geognostische Karte des Amtes Reichelsheim. — Siehe I. S. 19.

1857.

Ludwig, R., Section „Büdingen-Gelnhausen“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1858.

Theobald, G. und R. Ludwig, Section „Offenbach-Hanau-Frankfurt“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1859.

Tasche, H., Section „Schotten“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1861.

Becker, F. und R. Ludwig, Section „Dieburg“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1863.

Seibert, Ph. und R. Ludwig, Section „Erbach“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

Tasche, H. und W. C. J. Gutberlet, Section „Herbstein-Fulda“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1864.

- Dechen, H. von, Sectionen „Laasphe“ und „Simmern“ der geologischen Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen. 1:80,000. Berlin.
- Ludwig, R., Section „Darmstadt“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1865.

- Dechen, H. von, Sectionen „Kreuznach“ und „Wetzlar“ der geologischen Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen. 1:80,000. Berlin.

1866.

- Ludwig, R., Section „Alzey“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.
- — Uebersichtskarte der wetterau-rheinischen Tertiärformation. 1:350,000. Darmstadt. Den Mittheilungen zu Section Alzey beigelegt.

1867.

- Gross, A., Section „Mainz“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.
- Laspeyres, H. und E. Weiss, Geognostische Uebersichtskarte des kohlenführenden Saar-Rheingebietes. 1:160,000. Berlin. Siehe I. S. 31.
- Ludwig, R., Geologische Uebersichtskarte des Grossherzogthums Hessen. 1:350,000. Darmstadt. Siehe I. S. 30.

1869.

- Ludwig, R., Section „Alsfeld“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.
- Tasche, H., W. C. J. Gutberlet und R. Ludwig, Section „Lauterbach-Salzschlirf“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1870.

- Dieffenbach, E. und R. Ludwig, Section „Allendorf-Treis“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.
- Ludwig, R., Section „Gladenbach“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1871.

Ludwig, R., Section „Biedenkopf“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1872.

Ludwig, R., Section „Worms“ der geologischen Specialkarte des Grossh. Hessen. Darmstadt.

1873.

Streng, A. und K. Züppritz, Geologische Karte des Aspenkippel bei Clinbach unweit Giessen. $\frac{1}{2}$ Kilometer, 1:5000. — Siehe I. S. 34.

1877.

Benecke, E. W. und E. Cohen, Geognostische Karte der Umgegend von Heidelberg. 1:50,000. Blatt Heidelberg. Strassburg. Siehe I. S. 37.

Schopp, H., Geologische Karte der nächsten Umgebung von Wonsheim in Rheinhessen. 1:25,000. Darmstadt. Siehe I. S. 36.

1878.

Riemann, W., Karte des Bergreviers Wetzlar. 1:80,000. Bonn. Siehe I. S. 37.

1880.

Koch, C., Blatt „Wiesbaden“, „Hochheim“, „Eltville“ der geologischen Specialkarte von Preussen etc. 1:25,000. Berlin. Siehe I. S. 38.

1883.

Dechen, H. von, Section „Wiesbaden“ der geologischen Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen. 1:80,000. Berlin.

Koch, C., Blatt „Schwanheim“, „Frankfurt“ und „Sachsenhausen“ der geologischen Specialkarte von Preussen etc. 1:25,000. Berlin. Siehe I. S. 40.

Landeskultur-Inspection, Karte über das Ueberschwemmungsgebiet des Hochwassers im Winter 1882—83 längs des Main- und Rheinstromes in dem Grossherzogthum Hessen. 1:100,000. Darmstadt.

Lepsius, R., Geologische Uebersichtskarte des Mainzer Beckens. 1:100,000. Darmstadt. Siehe I. S. 40.

1.

Alphabetisches Verzeichniss der Verfasser.

Seite	Seite
A.	
Angelus, J., Erdbeben in Gross- Gerau	1
B.	
Batt, Sandsteine des Odenwalds .	4
Baumer, J. G., Basalte bei Giessen	2
Becker, A., Basalt und Olivin .	38
Becker, F., Geologie von Hessen	13
Der mittelhessische geologische Verein	18
Wasserversorgung von Darm- stadt	32
Geognostische Uebersichtskarte von Hessen	42
Section Dieburg	43
Becker, L., Fossile Eier bei Mainz	13
Gebirgschichten bei Mainz und Laubenheim	13
Benecke, E. W., Geologie der Um- gebung von Heidelberg	37
Karte dazu	45
Beyrich, E., Hessische Tertiär- bildungen	17
Norddeutsche Tertiärbildungen .	19
Bischof, C., Bauxit bei Giessen .	38
Blum, J. B., Fossile Schlangeneier bei Bieber	13
Blum, R., Pseudomorphosen in der Wetterau	24
Mineralien in der Wetterau . . .	24
Rösslerit	25
Meteorstein von Darmstadt . . .	25
Bode, F., Naheim	12
Soolbad Naheim	12
Boegner, J., Erdbeben	12
Boettger, O., Tertiäre Clausilien von Hochheim	26
Thier- und Pflanzenwelt der Vorzeit	30
Tertiärformation in Hessen . . .	31
Boettger, O., Conchylien des Mainzer Beckens	32
Versteinerungen von Hochheim	32
Versteinerungen von Offenbach	33
Spermophilus citillus	33
Lehm am Main	33
Cyrenenmergel im Mainzer Becken	34
Clausilienstudien	35
Cyrenenmergel von Sulzheim . . .	35
Fauna der Corbiculaschichten im Mainzer Becken	35
Limneen im Mainzer Becken . . .	36
Clausilien von Mosbach	36
Triptychia und Ferrulina	39
Stenomphalus und Cypraea	39
Pholadomya Puschi	39
Bräutigam, Geologie von Frank- furt	26
Braun, A., Lebende und diluviale Mollusken	10
Löss-Conchylien	12
Das Mainzer Becken	13
Vitis Ludwigii	21
Braun, M., Strophostoma tricari- natum	9
Tertiär an der Haardt	9
Bromcia, C., Osteolith im Dolerit Naheim	14
Bronn, H. G., Mainzer Becken . . .	9
Halitherium Schinzi	26
Buchner, O., Feuermeteorite und Meteoriten	24
Meteoritisches	26
Meteorstein von Hungen	36
Buchrucker, A., Braunkohlen am Vogelsberg	37
Bücking, H., Geologie des Bü- dinger Waldes	36
Basalt am Vogelsberg	36
Augitandesite in der Wetterau	36
Augitandesit u. Plagioklasbasalt	36
Haplocrinus und Littorina von Grube Haina	37

	Seite		Seite
Burkart, J., Geologie von Kreuznach	5	Ettingshausen, C. von, Braunkohlenflora	31
C.			
Cancrinus, F. L., Bergwerke in Hessen	2	Faujas de Saint-Fond, B., Geologische Reise	3
Bergwerke in der Grafschaft Hanau-Münzenberg	2	Fossilien bei Mainz	3
Charpentier, v., Salz b. Wimpfen	5	Fresenius, G., Sphaeria in Braunkohlen	19
Chelius, C., Inhaltsübersicht	39	Phelonites und Betula	25
Cohen, E., Dyas-Gesteine	32	Fritsch, K. v., Crustaceen im Septarienthon	32
Geologie von Heidelberg	37	Fossilien im Tertiär b. Frankfurt	32
Gesteine bei Darmstadt; Hydrotachylt vom Rossberg	37	Fossilien bei Weinheim, Hochheim, Massenheim	33
Meteoriten (?) von Mainz	39	Amphisyle von Flörsheim	34
Geologische Karte von Heidelberg	45	Fritz, L., Mineralien von Hochheim	26
Collini, C., Achate und Basalt	2	Fuchs, C. W. C., Kalk von Auerbach	27
Cramer, L. W., Fossilien im Isenburgischen Eisenstein	3	Schillerfels bei Schriesheim	27
Credner, H., Salzhausen	13	F.	
D.			
Darmstadt, M., Nutzbare Gesteine in Hessen	39	Geinitz, H. B., Zechstein der Wetterau	14
Dechen, H. v., Grauwackengebirge	18	Genth, F. A., Mioцен des Mainzer Beckens	13
Zur geologischen Uebersichtskarte	32	Gergens, F., Sandsteinknollen mit Coelestin im Löss	18
Zur zweiten Ausgabe derselben	39	Fossile Schildkröteneier	24
Sectionen: Laasphe, Simmern, Kreuznach, Wetzlar, Wiesbaden	44-45	Eine Schwefelquelle	25
Delesse, A., Dysodil bei Climbach	11	Fossile Blutegel-Coccons	25
Desor, E., Dinotherium giganteum	9	Gypsbildung	26
Dieffenbach, E., Wirbeltierreste zu Climbach	15	Geyer, J. D., Versteinerungen von Alzey	1
Quarz nach Schwerspath	16	Geyler, H., Tertiärfloren von Stadelcken-Elsheim	34
Universitätsammlung z. Giessen	16	Imbricaria in Braunkohle von Salzhausen	34
Palagonit und Dysodil	17	Tertiärfloren von Flörsheim	39
Tertiärkreide von Garbenteich	18	Glaser, L., Die Gegend von Grünberg	20
Sectionen: Giessen, Allendorf	43-44	Die Gegend von Friedberg	22
Dieffenbach, F., Erdbeben im Rheingebiet	33	Die Wormser Rheinebene	28
Erdbeben von 1872	34	Gmelin, C. H., Augit-Analyse	10
Dunker, E., Nauheim	20	Tachylt-Analyse	10
E.			
Ehrenberg, C. G., Rheintrübung	18	Göbel, F. H., Die rheinländischen Erdbeben von 1869	32
Engelhardt, Chabasit-Analyse	13	Goepfert, H. R., Fossile Blüten in Braunkohlen	8
Engels, J. D., Bergbau am Rhein	3	Braunkohlenflora	13
Erlenmeyer, A., Nauheim	18	Braunkohlenflora v. Salzhausen	17
Etling, C., Braunstein bei Giessen	11	Greim, Fr., Braunkohlen in Rheinhessen	19
Vorkommen von Braunstein	11		



	Seite		Seite
Gross, A., Fossile Pflanzen im Taunusquarzit . . .	22	Holzappel, E., Zechsteinformation	37
Aus Section Fauerbach . . .	22	Hornstein, F. F., Basalte vom unteren Main . . .	30
Aus Section Usingen-Fauerbach	26	Hundeshagen, J. Ch., Molasse der Wetterau . . .	5
Geognostisches von Ingelheim	26	Geognostisches . . .	5
Kies- und Dünenand von Mainz	26		
Blätersandstein in Section Mainz . . .	26		
Tertiäre Versteinerungen . . .	26		
Aus Section Bingen und Mainz	29		
Section Mainz . . .	44		
Gutberlet, W., Krystallinische Sandsteine . . .	22		
Section Herbstein-Fulda . . .	43		
H.			
Hahn, O., Manganerze der Lindner Mark . . .	26		
Hamilton, W. J., Mainzer Becken	17		
Harres, W., Die Mineralien im Kalk von Auerbach . . .	38		
Mineralien im körnigen Kalk und in Quarzgängen . . .	39		
Hassenkamp, E., Geologie von Fulda . . .	36		
Hauchecorne, W., Kupfererz im Odenwald . . .	21		
Heldmann, C., Geologie von Selters	22		
Hessel, Dolerit bei Nordeck mit Hyalith . . .	5		
Hoyden, C. H. G. v., Mofetten und Erdlöcher . . .	16		
Insecten aus den Braunkohlen bei Salzhausen . . .	19		
Fossile Gallen aus den Braunkohlen bei Salzhausen . . .	24		
Gliederthiere aus Braunkohlen	26		
Insecten aus den Braunkohlen bei Salzhausen . . .	28		
Dipterularve aus Tertiärthon	29		
Hoenigshaus, F. W., Vogelknochen in Tertiär . . .	9		
Wirbelthierknochen von Mombach . . .	10		
Hoepfner, E. J. Th., Erzgewinnung in Hessen . . .	2		
Hoffmann, H., Pflanzen-Verbreitung und -Wanderung . . .	14		
Bodenstetigkeit der Pflanzen . . .	24		
Klima und Bodenkunde . . .	28		
Pflanzenrealstudien . . .	30		
Flora des Mittelheingebietes . . .	37		
Hoffmann, J., Homburger Heilquellen . . .	19 u. 21		
		J.	
		Joachim, Ph., Mineralquellen	12 u. 21
		Jordan, J. L., Basalt, Hyalith und Halbopal bei Frankfurt . . .	3
		K.	
		Kaup, J. J., Dinotherium giganteum	6
		Fossile Knochen zu Darmstadt	7
		Fossile Säugethiere zu Mainz . . .	7
		Knochen von Eppelsheim . . .	7
		Der Krallen-Phalanx . . .	7
		Fossile Wirbelthiere . . .	7
		Fossile Ranbthiere . . .	7
		Rhinoceros-Arten . . .	7
		Dinotherium . . .	7
		Equus brevirostris . . .	7
		Fossile Nager . . .	7
		Fossile Hirsche . . .	7
		Hippopotamus major . . .	7
		Gypsbalgüsse . . .	8
		Pferdeartige Thiere von Eppelsheim . . .	8
		Dinotherium giganteum . . .	11 u. 8
		Anthracotherium magnum . . .	9
		Fossile Knochen von Flouheim . . .	9
		Halitherium . . .	9
		Fossile Wirbelthiere . . .	9
		Acten der Urwelt . . .	10
		Urweltliche Säugethiere (Beiträge) . . .	26 u. 17
		Halitherium-Gaumen u. Zähne . . .	19
		Halitherium mit rudimentärem Femur . . .	21
		Geognostische Karte von Rheinhessen . . .	41
		Terrainkarte vom südöstlichen Rheinhessen . . .	41
		Kerferstein, Ch., Basalte . . .	4
		Kinkelin, F., Aus dem Mainzer Becken . . .	40
		Kittel, H. B., Geologie von Aschaffenburg . . .	10
		Karte dazu . . .	42
		Klein, C., Weisser Granat von Auerbach . . .	40
		Kleinschmidt, O. F., Gruben in Hessen . . .	1

	Seite
Klipstein, A. von, Mandelstein:	
Trapp-Sandstein; Basalt . . .	4
Thonsulen im Basalt . . .	5
Vulkanisirte Sandsteine . . .	5
Dolomit von Angersbach . . .	5
Phonolith von Ober-Widdersheim . . .	5
Kugelaussonderung der Gesteine . . .	6
Geologie des Odenwaldes . . .	6
Basalte . . .	7
Keuper-Sandstein . . .	8
Contact-Verhältnisse . . .	8
Syenit und Gneiss in Basaltlava . . .	8
Steinsalz in der Wetterau . . .	8
Dinothierium giganteum . . .	11 u. 8
Geologie des westlichen Deutschlands . . .	8
Knochen von Eppelsheim; Braunkohlen . . .	9
Brunnenbohrung bei Alzey . . .	9
Nephelinfels von Meiches . . .	10
Tachlylit bei Bohlenhansen . . .	10
Keuper am Vogelsberg . . .	10
Dolomite und Mangauerze an der Lahn . . .	11
Bergbau und Hüttenbetrieb . . .	22 u. 13
Prospectus . . .	14
Geologie von Gladenbach und Umgebung . . .	14
Nephelinfels von Meiches . . .	36
Geologische Karte: Vogelsgebirge, Odenwald, Rheinhessen, Gladenbach . . .	42 u. 41
Klipstein, Ph. E., Mineralogischer Briefwechsel . . .	2
Salzhäusen . . .	2
Das Vogelsgebirge . . .	3
Knop, A., Ganggestein bei Auerbach . . .	21
Nephelinölerit von Meiches . . .	28
Koch, C., Geologie des Taunus . . .	35
Ufer des Mainzer Tertiärbeckens . . .	35
Thalbildungen . . .	37
Das Mainzer Becken . . .	37
Pflanzenreste bei Bieber . . .	38
Mesozoische und neozoische Schichten . . .	38
Geognostische Karten: Blatt Eltville, Wiesbaden, Hochheim, Sachsenhausen, Frankfurt, Schwanheim nebst Erläuterungen . . .	45, 40, 38
Koenen, A. v., Keuper und Lias bei Angersbach . . .	34
Bimstein bei Launsbach . . .	38
Tertiär zwischen Marburg und Guntershausen . . .	38
Koepfen, W., Fossile Katzen von Eppelsheim . . .	31

Chelius, Chron. Uebersicht.

	Seite
Krauss, C. F. F., Schädelbau von Halitherium . . .	21
Halitherium Schinzi . . .	26

L.

Landeskultur-Inspection, Karte des Ueberschwemmungsgebietes 1882—83 . . .	45
Langsdorf, Basalte in Rothliegenden . . .	27
Basalt und Buntsandstein am Otalberg . . .	28
Basalt bei Eisenbach . . .	28
Laspeyres, H., Geologie von Kreuznach und Dürkheim . . .	30
Geologische Karte des Saar-Rhein-Gebietes . . .	44 u. 31
Leonhard, G., Porphyre bei Schriesheim . . .	9
Orthit bei Weinheim . . .	16
Minnetto an der Bergstrasse . . .	25
Scheelit bei Schriesheim . . .	27
Leonhard, K. C., Topographische Mineralogie . . .	3
Mineralien der Wetterau . . .	4 u. 3
Kalk von Auerbach . . .	8
Lepsius, K., Zur geologischen Specialkarte . . .	38
Halitherium Schinzi . . .	39
Das Mainzer Becken . . .	40
Erdbeben von 1883 . . .	40
Geologische Karte des Mainzer Beckens . . .	45
Lettermann, E., Baryt bei Steinheim . . .	31
Flusspath bei Klein-Umstadt . . .	33
Liebknecht, J. G., Versteinertes Holz . . .	1
Diluvium . . .	2
Lossen, C., Das Taunusgebirge . . .	30
Ludwig, R., Diluvium der Wetterau . . .	14
Geologie der Wetterau . . .	15
Devon in Hessen . . .	16
Nauheim's Solquellen . . .	16
Tertiärfossilien der Wetterau . . .	17
Zechsteinformation . . .	17
Nauheimer Badolesalz . . .	17
Devonische Versteinierungen . . .	18
Nauheimer Sprudel . . .	18
Hessen zur Tertiärzeit . . .	18
Tertiär in Hessen . . .	18
Tertiärversteinierungen . . .	18
Tertiär bei Offenbach . . .	19
Pflanzenreste der Braunkohlen in der Wetterau . . .	20

	Seite
Ludwig, R., Braunstein	20
Zechstein und körniger Kalk im Odenwald	20
Bohrlöcher bei Mainz	20
Devon bei Butzbach; Septarien- thon bei Alsfeld	20
Eisensteinlager	21
Umwandlungen im Septarien- thon	21
Aus Rheinbaiern	21
Silaswasserkalk von Danne- rod	21
Braunkohlen bei Ingelheim	21
Fossile Pflanzen im Tertiär	21
Geognosie der Wetterau	21
Fossile Pflanzen im Tertiär der Wetterau	22
Geologische Urgeschichte von Hessen	23
Todthiegenes in Darmstadt	23
Tertiär bei Homburg	23
Quarzit und Sericitsehiefer	23
Gesteine bei Walderbach	23
Devon und Culm bei Butzbach	23
Homburg v. d. Höhe	24
Thierreste bei Münsenberg	24
Bodenschwankungen am unteren Main	25
Silaswasserquellen bei Homburg	25
Braunkohlen bei Zell	25
Silaswasserivalven im Tertiär	25
Dyas in Westdeutschland	25
Melaphyr bei Nierstein	27
Tertiär und Rothliegendes bei Nierstein	27
Dolomit und Taunusquarzit	27
Rothliegendes bei Frankfurt	27
Litorinellenthon bei Frankfurt	27
Septarienthon mit Melania borrida	27
Unionen und Anodonten	27
Oligocæn; Perna-Arten	28
Pteropoden im Devon und Tertiär	28
Dorheimer Braunkohlen	28
Pliocæn in der Wetterau	28
Sandsteine bei Alzey, Weinheim, Flonheim	28
Braunkohlen bei Mainz	28
Oligocæn in Rheinhesen	28
Melaphyr im Granit	28
Septarienthon bei Zell	28
Tertiärversteinerungen	28
Schwefelkies ans Pflanzen	28
Melaphyr bei Frankfurt	29
Conchylien im Tertiär	29
Tertiär Versteinerungen	29
Stringocephalenkalk bei Wald- girmes	29
Devon bei Butzbach	29

	Seite
Ludwig, R., Der mittelrheinische geologische Verein	29
Braunkohlen bei Dorheim	29
Tertiärformation in Hessen	29
Foraminiferen in Tertiärthonen	29
Pinna und Acerotherium bei Weisenau	30
Geologische Skizze von Hessen	30
Meeresthon in Rheinhesen	30
Bodenstatistik	31
Erdbeben bei Gross-Gerau	31
Paläolithische Pflanzenreste	31
Stringocephalenkalk bei Wald- girmes	31
Dyas bei Bidingen	31
Dyas bei Frau-Nausen	32
Zur Section Alzey	32
Cyphosoma rhenana	32
Rückblicke	32
Aus Section Dieburg	33
Oligocæn bei Darmstadt	34
Dramin bei Auerbach	34
Braunkohle bei Messel	35
Crocodyliden aus dem Oligocæn	35
Kalk von Auerbach	35
Mineralien in Melaphyr und Basalt	36
Mineralien und Versteinerungen	36
Petrographische Karte des süd- östlichen Taunus	42
Geographische Darstellung von Hessen zur Tertiärzeit	43
Lehrtafelkarten	44
Geologische Spezialkarte, Section: Friedberg, Bidingen, Offen- bach, Dieburg, Erbach, Darm- stadt, Alzey, Alsfeld, Lau- terbach, Allendorf, Gladen- bach, Biedenkopf, Worms	43-45
Lyell, Ch., Löss am Rhein	8
M.	
Magel, G., Arsenkiese von Auer- bach	40
Maurer, Fr., Paläontologische Stu- dien im Devon	34
Die Fanna des Eisensteins von Haina	35
May, Fossilien bei Eberstadt	2
Merck, J. H., Elephas u. Rhinoceros	30
Merz, C., Mainwasser bei Offenbach	2
Meyer, H. von, Cerithienkalk von Alzey	5
Gypskugeln bei Frankfurt	5
Geognostische Beschaffenheit Frankfurts	5

	Seite
Meyer, H. v., Kohlen in der Wetterau und bei Darmstadt	6
Equus primigenius	6
Equus angustidens	6
Harmotom, Halbopal, Dolerit bei Frankfurt	6
Mastodon Arvernensis	6
Porphyry und Diorit bei Kreuz- nach	7
Bos, Elephas, Equus	7
Mineralien und fossile Knochen im Seukenbergischen Mu- seum	7
Torf von Enkheim mit fossilen Knochen	9
Ueber das Mainzer Becken	9
Fossile Säugethiere	9
Pugmeodon Schinzi	9
Hyalith bei Frankfurt	9
Fossile Reste im Mombacher Kalk	10
Fossile Knochen	10
Hippopotamus bei Mosbach	10
Fossile Wirbelthiere	11
Tapirus, Dorcatherium, Palaco- meryx	11
Fossile Reste von Weisenau und Flonheim	11
Wirbelthiere von Weisenau	11
Rana diluviana in Braunkohle Sand von Mosbach	11
Microtherium, Palacomeryx, Hyothecrium, Halianassa, My- lobates, Otolithen	11
Vogelknochen	12
Emys bei Enkheim	12
Canis vulpes von Flonheim	12
Zur Fauna der Vorwelt	12
Pugmeodon Schinzi	12
Säugethiere von Weisenau	12
Fischreste von Mainz	12
Insectenfresser zu Weisenau	12
Stephanodon Mombachensis; Arctomys	12
Cobitis longiceps	13
Wirbelthierreste von Wiesbaden und Mombach	13
Hyothecrium Meisneri	14
Capra und Bos im Torf bei Frankfurt	14
Sphyaenodus von Flonheim	14
Batrachier der Wetterauer Braun- kohle	15
Insectengänge und Koprolithen Hippopotamus major	15
Wirbelthierreste zu Glimbach	17
Sphaeria arcolata	19
Pflanzenführende Litorinellen- schichten	20

	Seite
Meyer, H. von, Säugethierreste bei Frankfurt	21
Perca-Arten	23
Schildkröteneier	24
Rhinoceros Mercki	24
Schlangeneier bei Offenbach	25
Tertiäre Decapoden	26
Cariöse Knochen von Flörsheim	28
Fischreste bei Nierstein	29
Gobius Nassoviensis; Fliegen- larve	29
Tertiärthon bei Nierstein	29
Cervus diluvianus von Mosbach	30
Fossile Eier und Federn	30
Amphicyon von Flörsheim	30
Tapirus priscus von Eppelsheim	30
Meyer, O., Paläontologische No- tizen aus dem Tertär	38
Mittelrheinischer geolo- gischer Verein, Karten und Mittheilungen	43 u. 19
Mühl, H., Basalte	33
Tachylit, Basalt, Dolerit	33
Basalte am Main	34
Müller, C. Ph., Salzhausen	8
Müller, F., Homburger Heilquellen	13

N.

Nau, B. S. von, Geognostisches	5
Geologie von Mainz	6
Geognostisches über Mainz	6
Nies, A., Strengit	36
Mineralien vom Dünsberg	38 u. 36
Gypsspath von Mainz	40
Nies, Fr., Kalkstein von Michel- stadt i. O.	33
Noeggerath, J., Basaltdurchbruch im Sandstein	11
Erdbeben von 1846	12
Torfablagerung bei Mainz	23
Erdbeben im Rheinlande	32

O.

Oeynhausens, Fr. v., Bergstrasse, Haardt, Donnersberg	4
Geologie der Rheinlande	5
Karte dazu	41

P.

Pauly, H., Minette im Odenwald	27
Petersen, Th., Magnetkies von Auerbach	31
Phosphorsaurer Kalk	31

	Seite
Petersen, Th., Basalt und Hydro- tachylit von Rosdorf . . .	32
Offenbacher Rupelthou . . .	33
Ueber den Rossberg . . .	34
Platz, Ph., Geologie des Rheinthals	34
Plöck, Chlor im Basalt . . .	16

R.

Rath, G. von, Orthit von Auerbach	38
Reis, W., Der Vogelsberg . . .	27
Reuss, A. E., Foraminiferen der Wetterau . . .	16
Foraminiferen im Tertiär . . .	16
Entomostraceen und Foraminif- eren im Zechstein . . .	17
Anthozoen im Tertiär . . .	23
Versteinerungen vom Winter- stein . . .	24
Foraminiferen des Offenbacher Septarienthous . . .	27
Anthozoen und Bryozoen im Tertiär . . .	28
Foraminiferen von Alsfeld und Offenbach . . .	30
Riedheim, C. Th. von, Der Oden- wald . . .	11
Karte dazu . . .	42
Riemann, W., Bergrevier Wetzlar	37
Karte dazu . . .	45
Rössler, C., Geologie der Wetterau	14
Zechsteinpetrefacten der Wet- terau . . .	17
Cyrenenmergel bei Offenbach . .	21
Rolle, F., Der Taunus bei Homburg	14
Pflanzenreste im alten Sandstein der Wetterau . . .	15
Der alte Sandstein der Wetterau	16
Homburg v. d. Höhe . . .	30
Mineralquellen und Erdbeben . .	32
Fossile Pflanzen zu Obererlen- bach . . .	36
Rosenbusch, H., Hydrotachylit vom Rosalberg . . .	33
Roth, J., Basalt von Niestein . .	39
Roth, L., Magnetkies von Auerbach	37
Gismöndin bei Gedern . . .	37

S.

Sandberger, F., Geologie von Nassau . . .	12
Cyrenenschieften . . .	13
Geologie von Wiesbaden . . .	14
Tertiärbildungen . . .	14
Sammlungen zu Darmstadt . . .	15

	Seite
Sandberger, F., Land- und Süs- wasser-Fauna . . .	15
Das Mainzer Becken . . .	16
Kalk von Kleinlinden und Rod- heim . . .	16
Miocäne Versteinerungen . . .	16
Nematura und Volvaria . . .	16
Das Mainzer Tertiärgebirge . . .	19
Conchylien des Mainzer Beckens	22
Fauna des Mainzer Beckens . . .	22
Conchylien der Vorwelt . . .	32
Feldspathbasalte im Vogelsberg	34
Das Maingebiet . . .	35
Dolerit und Feldspathbasalt . .	37
Kobaltminerale von Auerbach	38
Mineralogisches v. d. Bergstr. . .	39
Die Trias im Maingebiet . . .	39
Karte der Gegend von Wiesbaden	42
Sandberger, G., Geologie von Reichelsheim . . .	19
Karte dazu . . .	43
Sandmann, F., Fahlerz und Blei- glanz . . .	17
Scharff, F., Gerölle des Mains . .	26
Schimper, W., Hysterium in Braun- kohle . . .	10
Schmid, E. E., Mikroskopische Formen im Zechstein . . .	27
Kleine organische Formen im Kalk von Selters . . .	31
Schmidt, Fr., Die Bergstrasse . .	4
Schmidt, J. Ch. L., Die Rheinlande	4
Schneider und Diehl, Boden- untersuchungen . . .	25
Schopp, H., Begleitworte zur Karte	36
Karte von Wonsheim . . .	45
Schreiber, F., Nauheimer Sool- quellen . . .	19
Soolsprudel Nr. 7 in Naueim . . .	20
Braunkohlen bei Niederweisel . .	22
Schwarzenberg, A., Zur Karte	17
Geognostische Karte . . .	42
Selheim, F., Meteorstein von Mainz . . .	20
Seibert, Ph., Mineralien bei Bens- heim . . .	19
Glimmerschiefer im Odenwald	19
Tertiärsandstein von Heppen- heim . . .	20
Kalk im Odenwald . . .	20
Basaltgänge . . .	20
Zechsteinformation . . .	20
Mineralien in Basalten . . .	20
Fossile Knochen zu Bensheim	20
Petrefacten von Heppenheim . .	20
Mineralien in Section Erbach . .	20

	Seite		Seite
Seibert, Ph., Gneisse des Odenwaldes	22	Streng, A., Basaltdurchbrüche	37
Granulit, Basalt, körniger Kalk	22	Schlacken-Agglomerat	37
Syenite des Odenwaldes	22	Geologie des Rheinthals	37
Mineralquellen	22	Gismondin bei Gedern	37
Tertiär von Heppenheim	22	Pflanzenreste in Eisenstein	38
Bensheim—Auerbach	23	Phosphate von Waldgirmes	38
Aus Section Weinheim und Hirschhorn	23	Karte des Aspenkippels	45
Petrefacten in Section Worms	23	Stroman, A., Kalkspatkrystalle	40
Aus Section Erbach-Michelstadt	23	Stumpf, A., Mainzer Quellen	38
Syenitschiefer	23		
Kalklager und Quarzgänge	24	T.	
Buntsandstein im Odenwald	24	Tasche, H., Salzhausen	12
Meeressandstein bei Weinheim	24	Geologie von Salzhausen	13
Krystalline Gesteine des Odenwaldes	25	Zechstein und Basalt der Wetterau	15
Knochenreste von Heppenheim	25	Trachyt im Vogelsberg	15
Aus Section Worms	25	Brauneisenstein im Vogelsberg	15
Fossile Reste bei Heppenheim	25	Temperatur in der Braunkohlengrube bei Salzhausen	16
Aus Section Hirschhorn	25	Sauer- und Gas-Quellen	16
Aus Section Worms	26	Tertiär am Vogelsberg	16
Gabbro und Diorit; Versteinerungen	26	Braunkohle der Wetterau	17
Geologie des Odenwaldes	29	Salzhausen	17
Geologische Spezialkarte Section Erbach	43	Tertiärkalk von Garbenteich	18
Sommerlad, H., Hornblendeführende Basalte	39	Mineralquellen zu Homburg	19
Nephelingeite	40	Kieselguhr bei Altschlirf	19
Speyer, A. F., Geognostische Karte der Wetterau	42	Uebergangsgebirge der Wetterau	19
Speyer, O., Versteinerungen der Trias bei Fulda	35	Eisenerze in Oberhessen	20
Stein, Eisenerze am Main	25	Kupferschieferbergbau	20
Steininger, J., Mittelrheingegend	4	Torf der Wetterau	21
Zur Karte	4	Aus Oberhessen	21
Saar- und Rhein-Gegend	10	Die Homburger Heilquellen	21
Gebirgskarte	41	Berg-, Hütten-, Salinenwesen	22
Stift, C. E., Nassau und seine Mineralquellen	7	Wetterauer Braunkohle	22
Storch, L., Braunkohlenlager der Wetterau	20	Brennstoffe in Oberhessen	23
Die Kaisergrube	23	Schwefelkies auf Basaltlava	23
Das Bauernheimer Kohlenlager	29	Zur Section Alsfeld und Alendorf	23
Streng, A., Gismondin	32	Zur Section Giessen	23
Saar-Nahe-Gesteine	33	Breccie bei Angersbach	25
Der Aspenkippel	34	Tuffstein bei Michelnaun	27
Porphyrite an der Nahe	34	Braunkohlen bei Langgöns	27
Basaltmineralien	34	Geologische Karte von Salzhausen	42
Desmin bei Auerbach	35	Geologische Spezialkarte, Section: Schotten, Herbstein, Lauterbach	43 u. 44
Phillipsit	35	Tecklenburg, Th., Geognostische Profile	35
Granat und Apophyllit	35	Bergwerksproduction	36
Gismondin	35	Starkenburger	38
Kakoxen	35	Oberhessen	38
Chabasit	36	Bohnerze in Rheinhessen	39
Quarz am Dünsberg	37	Der Krähbergstunnel	40
		Theobald, G., Geologie der Wetterau	14

	Seite		Seite
Theobald, G., Die hohe Strasse	19	Weiss, C., Nauheim	19
Geologische Spezialkarte, Section Offenbach	43	Weiss, E., Ullmannia-Sandstein (?) in Rheinhessen	31
Thomae, C., Conchylien bei Hochheim	12	Zur Karte Flora der jüngsten Steinkohlenformation	33
Trapp, Homburg	17	Karte des kohlenführenden Saar-Rhein-Gebietes	44
Trapp, C., Brauneisensteinlager	34	Wernekinck, Harmotom bei Giessen	5
Tschermak, G., Meteorstein von Hungen	36	Whrightson, Analyse von Halbopal	12
V.			
Valentini, M. B., Versteinerungen	1	Wille, G. A., Geologie der Wetterau	6
Verein für Erdkunde, Schriften	18	Geologische Karte der Wetterau	41
Voigt, C. W., Reisebeschreibung	3	Geologische Karte von Dorheim	41
Volger, O., Geologie von Frankfurt	22	Will, W., Basalt des Schiffenbergs	35
Voltz, F., Ankündigung	14	Winther, A., Basalt des Schiffenbergs	35
Geologie von Hessen	15	Wissmann, H. L., Zechstein im Odenwald	9
Geologische Bilder	15	Wittmann, Wasserstände des Rheins	24
Geologisch-Paläontologisches Tertiär des Mainzer Beckens	15	Württemberg, G., Basaltteisensteine	31
Schichtenfolge des Mainzer Beckens	17		
Geologische Karte	42	Z.	
W.			
Wagner, C., Bingen	29	Zimmer, Cultur der Lärche	13
Walchner, F. A., Mainzer Becken	15	Waldcultur	17
Weinkauff, H. C., Tertiär bei Kreuznach	23	Zirkel, F., Basalte	32
Septarienthon	24	Glaserfüllte Sandsteine	33
Tertiärbildungen	29	Zöppritsch, K., Der Aspenkippel	34
Weinsheimer, O., Dinotherium giganteum	40	Karte dazu	45

2.

Verzeichniss der wichtigeren Orte und Gegenden.

	Seite		Seite
Alsfeld.		Darmstadt.	
Ludwig	20. 21. 29. 44	Meyer	6
Reuss	30	Sandberger	15
Tasche	23	Eppelsheim.	
Alzey.		Kaup	5. 7. 8. 9. 11
Geyer	1	Klipstein	8. 9. 11
Klipstein	9	Koeppen	31
Ludwig	28. 32. 44	Meyer	6. 11. 12. 30
Meyer	5. 11	Weinsheimer	40
Auerbach.		Flörsheim.	
Fuchs	24	Fritsch	34
Harres	38. 39	Geyler	39
Klein	40	Meyer	28. 30
Knop	21	Flonheim.	
Leonhard	8	Kaup	9
Ludwig	34. 35	Krauss	26
Magel	40	Lepsius	39
Petersen	31	Ludwig	28
Rath	38	Meyer	11. 12. 14
Roth	37	Frankfurt a. M.	
Sandberger	38	Brütigam	26
Scharff	31	Fritsch	32
Seibert	22. 28	Jordan	3
Streng	35	Koch	39. 45
Bergstrasse.		Ludwig	15. 27. 29
Fuchs	27	Meyer	5. 6. 7. 9. 12. 14. 20. 21
Leonhard	9. 16. 25. 27	Voigt	3
Oeynhaus	4	Volger	22
Sandberger	39	Friedberg.	
Schmidt	4	Dieffenbach	43
Seibert	19. 22. 23. 25	Glaser	22
Büdingen.		Ludwig	27. 31
Bücking	36	Giessen.	
Ludwig	31. 43	Banner	2
Tasche	20	Bischof	38
Butzbach.		Bücking	37
Dieffenbach	16	Delesse	11
Ludwig	16. 20. 23. 29	Dieffenbach	15. 16
Darmstadt.		Engelhardt	13
Blum	25	Erling	11
Becker	32	Hahn	26
Cohen	37	Klipstein	9
Kaup	7	Maurer	34. 35
Klipstein	4	Meyer	11
Ludwig	23. 28. 31. 34. 44	Nies	38. 38

Giessen.	Seite	Mainz.	Seite
Streng	32, 34, 35, 37, 38, 44	Nau	6
Stroman	40	Nies	40
Tasche	18, 23	Noeggerath	23
Trapp	34	Seelheim	20
Wernekiuck	5	Steininger	4
Winther	35	Stumpf	38
Wrightson	12	Voigt	3
Zimmer	13, 17	Meiches.	
***	17	Klipstein	10, 36
Gross-Gerau.		Knop	28
Angelus	1	Sommerlad	40
Ludwig	31	Mombach.	
Rolle	32	Hoeninghaus	10
Heppenheim.		Meyer	10, 11, 12, 13
Seibert	20, 22, 25	Mosbach.	
Hochheim.		Boettger	36
Boettger	26, 32	Meyer	9, 10, 11, 12, 15, 30
Braun	9	Nassau.	
Fritsch	33	Lossen	30
Fritz	26	Ludwig	20, 28
Koch	38, 45	Sandberger	12
Meyer	10	Stift	7
Thomae	12	Naheim.	
Homburg v. d. Höhe.		Bode	12
Hoffmann	19	Bromeis	14
Ludwig	16, 23, 24, 25	Dunker	20
Müller	13	Erlenmeyer	18
Rolle	14, 30	Ludwig	16, 17, 18
Tasche	19, 21	Schreiber	19, 20
Trapp	17	Storch	23
Kreuznach.		Nierstein.	
Burkart	5	***	5
Deeben	44	Ludwig	27, 30
Laspeyres	30, 44	Meyer	29
Ludwig	29	Noeggerath	11
Meyer	7	Roth	38
Streng	33, 34	Oberhessen.	
Weinkauff	23, 29	Ludwig	18, 20, 21, 27, 31
Mainz.		Sandmann	17
Becker	13	Tasche	20, 21, 23
Braun	9	Tecklenburg	38
Cohen	39	Odenwald.	
Faujas	3	***	20, 21
Gergens	25	Hatt	4
Gross	26, 29, 44	Benecke	37, 45
Kaup	7	Cohen	32, 37, 45
Ludwig	20, 28	Hauchecorne	21
Meyer	12	Klipstein	6, 41
		Langsdorf	28, 32
		Ludwig	20
		Nies	53
		Pauly	27
		Riedheim	11, 42
		Seibert	19, 20, 22, 24, 25, 29
		Tecklenburg	40
		Wissmann	9

Offenbach,	Seite	Vogelsgebirge.	Seite
Blum	18	Buchrucker	37
Boettger	33	Bücking	36
Ludwig	19, 29	Gmelin	10
Merz	29	Klipstein	3, 5, 8, 10
Meyer	25	Ludwig	17, 25, 28
Petersen	33	Reis	27
Reuss	27, 30	Sandberger	34
Rössler	21	Streng	35
Theobald	43	Tasche	15, 16, 19, 23
Rheinebene.		Württemberg	31
Koch	36	Weisenau.	
Lyell	8	Ludwig	30
Meyer	7	Meyer	9, 11, 12
Platz	34	Wetterau.	
Streng	37	Blum	24
Rheinessen.		Bromeis	14
Gergens	24	Bücking	36
Greim	19	Ettingshausen	31
Kaup	8, 11, 41	Geinitz	14
Klipstein	6, 8, 11, 41	Gmelin	10
Ludwig	28, 30	Goepfert	8, 17
Meyer	24	Heldmann	22
Schopp	45	Heyden	16, 26
Tecklenburg	39	Hudeshagen	5
Voltz	15	Kinkel	40
Weiss	31	Klipstein	6, 8
Rossberg.		Leonhard	4, 5
Cohen	37	Ludwig 14, 17, 18, 20, 21, 22, 25, 28, 29	
Ludwig	36	Meyer	15, 19
Petersen	32, 34	Reuss	16, 17
Rosenbusch	33	Roesler	14, 17
Salzhausen.		Rolle	15, 16, 36
Credner	13	Schimper	10
Frosenius	24	Schmid	27, 31
Geyler	34	Storch	20
Goepfert	17	Tasche	15, 16, 17, 19, 21, 22, 25
Heyden	19, 24, 38	Theobald	14, 19
Klipstein	2	Wille	6, 41
Müller	8	Wiesbaden.	
Plöck	16	Dechen	45
Tasche	12, 13, 16, 17, 42	Koeb	38, 45
Tannus.		Meyer	9, 10, 13, 14
Gross	22	Saudberger	14, 42
Koch	35	Thomae	12
Lossen	30	Wimpfen.	
Ludwig	23, 27, 42	Charpentier	5
Meyer	26	Worms.	
Bolle	32	Glaser	28
		Ludwig	45
		Seibert	20, 23, 25, 26

3.

Sachliches Verzeichniss.

Ganz Hessen betreffende Schriften und Karten:	Seite
Becker, F.	3. 42
Klipstein, A. von	14. 40. 42
Ludwig, R.	30. 44
Mittelrheinischer geologischer Verein	19. u. 43—45
Voltz, Fr.	15. 42
Sonstige grössere Werke:	
Benecke und Cohen	37
Boetiger, O.	32. 35
Dechen, H. von	32
Kaup, J. J.	7. 8. 10. 11. 17. 26
Klipstein, A. von	6. 8. 11. 14. 22
Klipstein, Ph. E.	2. 3
Leonhard, K. C.	4
Lepsius, R.	39. 40
Ludwig, R.	21. 25
Merck, J. H.	2
Meyer, H. von	12
Sandberger, Fr.	22. 32
Weinsheimer, O.	40
Zirkel, F.	32
<hr/>	
Analysen	10. 11. 12. 17. 38
Basalte (Dolerite)	2. 3. 4. 6. 10. 27. 28. 30. 32. 33. 35. 36. 37. 38. 39
des Vogelsbergs und der Wetterau	2. 3. 4. 7. 15. 25. 28. 34. 36. 38. 39. 40
in Rheinhessen	11. 38
in Starkenburg	7. 22. 28. 32. 34
Basaltcontacterscheinungen	5. 7. 8. 33
Basaltgläser	10. 32. 33. 34. 37
Basaltmineralien	2. 3. 5. 6. 9. 10. 14. 17. 32. 34. 35. 36. 37
Bergbau und Hüttenkunde	1. 2. 3. 15. 21. 22. 23. 25. 36
Braunkohlen und ihre Einschlüsse	6. 16. 17. 19. 22. 23. 28. 29. 35. 37
in der Wetterau und dem Vogelsberg	6. 8. 9. 10. 11. 16. 19. 20. 22. 24. 25.
	27. 31. 34. 37
im Mainzer Becken	9. 19. 21
Devonformation	4. 14. 15. 16. 18. 20. 23. 28. 34. 35
Diluvium und Alluvium	1. 2. 6. 8. 14. 18. 19. 20. 21. 23. 26. 33. 36
Diorite	6. 7. 26
Erdbeben	1. 12. 31. 32. 33. 34. 40
Erzlager	2. 11. 15. 20. 21. 24. 25. 26. 31. 34. 39

	Seite
Gabbro . . . . .	. 26
Juraformation . . . . .	. 34
Kalklager	8. 20. 21. 22. 24. 29. 35
Karten	41—45
Krystalline Odenwaldgesteine	4. 6. 8. 9. 19. 21. 22. 23. 25. 27. 29. 37. 39
Melaphyre	4. 27. 28. 29. 36
Meteore	20. 24. 25. 26. 36. 39
Mineralien	2. 3. 7. 10. 17. 18. 23. 24. 26. 28. 31. 35. 36. 37. 38. 40
im Odenwald . . . . .	. 16. 19. 20. 21. 27. 33. 39
in der Wetterau und dem Vogelsberg . . . . .	. 3. 4. 14. 23. 24
im Kalk von Auerbach . . . . .	. 31. 34. 35. 37. 38. 39. 40
Mineralquellen, Salzquellen, warme Quellen, Bäder	2. 5. 7. 8.
	12. 13. 14. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 24. 25. 32
Palaeontologisches	3. 15. 16
1) Wirbelthierreste im Tertär und Diluvium	6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 14.
.	15. 17. 20. 21. 24. 25. 26. 28. 29. 30. 31. 35
Dinothierium . . . . .	. 6. 7. 8. 9. 11. 40
Halitherium . . . . .	. 9. 19. 21. 26. 39
Rhinoceros . . . . .	. 2. 7. 9. 24. 26
2) Gliederthierreste . . . . .	. 19. 26. 28. 29. 32
3) Mollusken . . . . .	. 1. 2. 15. 32. 35. 36
des Diluvium . . . . .	. 10. 12. 86
des Tertär	1. 3. 9. 12. 16. 17. 19. 20. 21. 23. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 32.
.	33. 35. 36. 38. 39
des Zechstein . . . . .	. 17
des Devon . . . . .	. 18. 20. 21. 29. 31. 34. 35. 37
4) Foraminiferen, Bryozoen etc. . . . .	. 16. 17. 23. 27. 28. 29. 30
5) Pflanzenreste	13. 17. 19. 20. 21. 22. 25. 31. 34. 36. 38. 39
Pflanzencultur und Pflanzenverbreitung	13. 14. 17. 24. 25. 28. 30. 37
Phonolithe . . . . .	. 5
Porphyre	6. 7. 9. 33. 36
Pseudomorphosen	16. 24. 31
Sammlungen . . . . .	. 7. 8. 15
Süßwasserquellen . . . . .	. 25. 32. 38
Tertiärformation	17. 18. 19. 22. 23. 24. 25. 27. 28. 29. 30. 31. 33. 34. 37. 38. 40
Mainzer Becken	1. 5. 6. 8. 9. 11. 13. 14. 15. 16. 17. 19. 22. 24. 28. 29. 34. 37. 40
Wetterau und Vogelsberg . . . . .	. 13. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 28
Triasformation . . . . .	. 4. 35. 39
Buntsandstein . . . . .	. 4. 24. 28. 40
Muschelkalk . . . . .	. 33
Keuper . . . . .	. 5. 8. 10
Zechsteinformation	6. 9. 14. 15. 16. 17. 20. 24. 25. 31. 32. 37
Rothliegendes . . . . .	. 23. 27. 33
Zechstein . . . . .	. 14. 20

550.6
4587

STANFORD UNIVERSITY
FEB 1962
GEOLOGY
LIBRARY

ABHANDLUNGEN
DER
GROSSHERZOGLICH HESSISCHEN
GEOLOGISCHEN LANDESANSTALT
ZU DARMSTADT.

Band I. Heft 2
nebst Atlas.



DARMSTADT.
IN COMMISSION BEI A. BERGSTRÄSSER.
1885.

DIE FAUNA
DER
KALKE VON WALDGIRMES

BEI GIESSEN.

VON
FRIEDRICH MAURER.

MIT EINEM ATLAS VON ELF LITHOGRAPHISCHEN TAFELN.



DARMSTADT.
IN COMMISSION BEI A. BERGSTRÄSSER.
1885.

VERZEICHNISS

der im Text in Abkürzungen erwähnten Literatur.

- Goldfuss. Petrefacta Germaniae 1826—1844.
- Sowerby. Transactions of the geolog. Society 2 Ser. Vol. V. 1840.
- d'Archiac and de Verneuil. Memoir of the fossils of the older deposits in the rhenish provinces. Transact. of the geol. Soc. 2 Ser. Vol. VI. 1842.
- A. Römer. Versteinerungen des Harzgebirges. Hannover 1843.
- C. F. Römer. Das rheinische Uebergangsgebirge. Hannover 1844.
- E. Beyrich. Ueber einige böhmische Trilobiten. Berlin 1845.
- Barrande. Ueber die Brachiopoden der silurischen Schichten von Böhmen; in naturwissenschaftliche Abhandlungen. Band I. u. II. Wien, 1847.
- A. Römer. Beiträge zur geologischen Kenntniss des nordwestlichen Harzgebirges; in Palaeontographica. Cassel 1850.
- Milne-Edwards et Jules Haime. Monographie des polypiers fossiles, in Archives du Muséum d'histoire naturelle, Tome V, Paris 1851.
- Barrande. Système silurien du centre de la Bohème, Vol. I, Trilobites. Prague 1852.
- de Konink. Note sur le genre Davidsonia; in Anals de la Soc. roy. de Liège. Vol. VIII. 1852.
- Steininger. Geognostische Beschreibung der Eifel. Trier 1853.
- Milne-Edwards et Jules Haime. A monograph of the british fossil Corals; in Palaeontographical Society, London 1850—1854.
- Schnnr. Zusammenstellung und Beschreibung der in der Eifel vorkommenden Brachiopoden; in Palaeontographica. Cassel 1853.
- G. u. F. Sandberger. Die Versteinerungen des rheinischen Schichtensystems in Nassau. Wiesbaden 1850—1856.
- C. Giebel. Die silurische Fanna des Unterharzes. Berlin 1858.
- Zeiler. Versteinerungen der älteren rheinischen Grauwacke; in Verhandl. des nassauischen Vereins für Naturkunde, Jahrgang XIV, neue Folge IV. 1862.
- Davidson. A Monograph of the british fossil Brachiopoda; in Palaeontographical Society, London 1864.
- Ludwig. Corallen aus paläolithischen Formationen; in Palaeontographica, Band XIV. 1865—66. Seite 133.
- Rosen. Ueber die Natur der Stromatoporen. Dorpat 1867.
- Quenstedt. Petrefactenkunde Deutschlands. Leipzig 1868—1871.

- Beyrich. Ueber die Eisensteine der Grube Hainau bei Wetzlar. (Sitzungsbericht.) Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. 1869. Seite 707.
- Kunth. Beiträge zur Kenntniss fossiler Korallen; in Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft, Band XXI, 1869.
- Ludwig. Section Gladenbach der geologischen Specialkarte des Grossherzogth. Hessen, 1870.
- Kayser. Die Brachiopoden des Mittel- und Ober-Devon der Eifel; in Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellschaft, Band XXIII, 1871.
- Kayser. Die Fauna des Rotheisensteines von Brilon; in Zeitschr. der deutschen geol. Gesellschaft, Band XXIV, 1872.
- Dybowsky. Monographie der Zoantharia sclerodermata rugosa; in Archiv für die Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands. Ser. I, Bd. V, Lief. 3. 1873.
- Nicholson. On some new species of Stromatopora, in Annals and Magazin of Natural History; Ser. IV, T. XII. 1873.
- Maurer. Die Fauna des Rotheisensteines der Grube Haina; in Neues Jahrbuch f. Min., Geol. und Paläontol. 1875.
- Maurer. Die Thonschiefer des Ruppbachthales bei Diez; in Neues Jahrb. f. Min., Geol. und Paläontol. 1876.
- Steinmann. Ueber fossile Hydrozoen aus der Familie der Coryniden; in Palaeontographica. Band XXV, 1877.
- Nicholson. On the minute Structure of Stromatopora and its allies; in Linn. Journ. Zoology, Vol. XIV. 1877.
- Kayser. Die Fauna der ältesten Devon-Ablagerungen des Harzes; in Abhandlungen z. geologischen Specialkarte von Preussen, Band II, Heft 4, Berlin 1878.
- Barrande. Système silurien du centre de la Bohême. Vol. V. Brachiopodes. Prague 1879.
- Barrande. Brachiopodes. Études locales. Prague 1879.
- Kayser. Ueber einige neue Versteinerungen aus dem Kalk der Eifel; in Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft, Band XXXI, 1879.
- Maurer. Der Kalk bei Greifenstein. Neues Jahrbuch f. Min., Geol. und Paläontol. 1880. Band II.
- Zittel. Handbuch der Paläontologie. München und Leipzig 1880.
- Novák. Bemerkungen zu Kayser's »Fauna der älteren Devon-Ablagerungen des Harzes«. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt 1880, Band 30, Heft 1.
- Kayser. Ueber den Eisenstein der Gruben Garkenholz und Holzberg bei Rübeland und Hüttenrode im Harz; (Sitzungsbericht) in Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft 1880. Seite 677.
- Carter. On Stromatopora dartingtoniensis n. sp. with Tabulation in the larger Branches of the Astrorhiza; in Annals and Mag. of nat. Hist. Ser. V. T. VI. 1880.
- Mourton. Géologie de la Belgique. Bruxelles 1880.
- Barrande. Acéphalés. Études locales et comparatives. Prague 1881.
- Kayser. Ueber das Alter des Hauptquarzites, der Wieder Schiefer u. s. w.; in Zeitschr. der deutschen geol. Gesellsch. 1881.
- Bargatzky. Die Stromatoporen des rheinischen Devons; in Verhandl. d. nat.-hist. Vereins f. Rheinl. u. Westfalen. Jahrg. XXXVIII. 1881. Seite 233.
- Schlüter. Ueber einige Anthozom des Devon; in Zeitschr. der deutschen geol. Gesellsch. Bd. XXXIII. 1881. Seite 75.
- Schlüter. Ueber neue Korallen des Mitteldevon der Eifel; in Verhandlungen des nat.-hist. Vereins f. Rheinl. u. Westf. Jahrg. XXXIX. 1882. Sitzungsberichte Seite 205.

- Follmann. Die unterdevonischen Schiefer von Olkenbach; in Verhandl. des nat.-hist. Vereins f. Rheinl. u. Westf. Jahrg. XXXIX. 1882.
- Schulz. Die Eifelkalkmulde von Hillesheim. Jahrbuch der königl. preuss. geol. Landesanstalt für 1882.
- v. Koch. Mittheilungen über die Structur von Pholidophyllum Loveni E. und H. in Palaeontographica. Band XXVIII. N. F. VIII. 1882. Seite 213.
- Barrois. Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. Lille 1882.
- Halfar. Ueber ein grosses Conocardium aus dem Devon des Oberharzes; in Zeitschrift d. deutschen geol. Gesellschaft. Band XXXIV. 1882.
- Davidson. A Monograph of the british fossil Brachiopoda, Supplement; in Palaeontographical society, Vol. V. London 1882.
- v. Koch. Die ungeschlechtliche Vermehrung einiger paläozoischen Korallen; in Palaeontographica Band XXIX oder III. Folge Band V. 1883.
- C. Riemann. Ueber das Alter der Schiefer des Kreises Wetzlar. Verhandlungen des nat.-hist. Vereins f. Rheinl. u. Westf. Jahrgang XL. 1883.
- Kayser. Die Orthocerosschiefer zwischen Balduinstein und Laurenburg an der Lahn; im Jahrbuch der königl. preuss. geol. Landesanstalt für 1883. Berlin 1884.

Einleitung.

Nachdem bereits in einer früheren Arbeit ¹⁾ über die Fauna des Rother Eisensteines der Grube Hainau ²⁾ bei Wetzlar von mir eine kurze Beschreibung der im Kalk jener Grube aufgefundenen Versteinerungen mitgeteilt worden war, ist es mir durch fortgesetztes Sammeln im Lauf der verflossenen Jahre gelungen, theils aus den Kalken der erwähnten Grube, theils in deren Nähe eine ungeahnt grosse, auf eine verhältnissmässig kleine Fläche vertheilte Zahl von Arten zusammen zu bringen. Nicht sowohl die grosse Zahl der gesammelten Arten, vielmehr die eigenthümliche Zusammensetzung der Fauna, sowie die Auffindung neuer Formen geben mir Veranlassung, eine Neubearbeitung der gesammten Fauna vorzunehmen. In der nachfolgenden Beschreibung werden der Uebersichtlichkeit wegen alle mir bis jetzt bekannt gewordenen Arten Erwähnung finden, und müssen die in meiner früheren Arbeit aufgeführten, jetzt nicht beschriebenen Versteinerungen als zweifelhafte angesehen werden.

Zur Orientirung über die örtlichen Verhältnisse erlaube ich mir kurz Folgendes theils zu wiederholen, theils zuzufügen.

In nordwestlicher Richtung von Giessen, und nordöstlich von Wetzlar breitet sich ein Kalklager aus, in dessen Mitte, in einer Entfernung von zwei Stunden für beide Orte, der Ort Bieber gelegen ist, welcher gegenwärtig der Mittelpunkt regen Bergbaubetriebes, und dem Mineralogen durch

¹⁾ Maurer, Paläontol. Studien 2. N. Jahrb. f. Min. 1875.

²⁾ Im Sprachgebrauch der dortigen Gegend führt die Grube den Namen »Hainau«, in dem alphabetischen Ortsverzeichnis des Deutschen Reiches von Lehnert, Leipzig 1881, wird sie »Hainau« genannt, es ist deshalb die letztere Bezeichnung schon möglicher Verwechslungen wegen vorzuziehen.

das Vorkommen verschiedener seltener Phosphate, wie Eleonorit, Strengit und Barrandit bereits bekannt ist.¹⁾

Das Kalklager mag eine grösste Breitenausdehnung von 3000 Meter haben und bildet die östliche Grenze des mächtigen und ausgedehnten, von Diez bis über Wetzlar längs der Lahn sich hinziehenden Massenkalkes, mit welchem das Kalklager von Bieber durch eine Zahl grösserer und kleinerer inselförmiger Mulden verbunden ist, während Schalstein und Sedimente jüngeren Alters, der Streichrichtung folgend, die Hauptmasse des Kalkes überlagern.

Die Grube Hainau liegt in einem schmalen zungenförmigen, südwestlichen Ausläufer des erwähnten Bieberer Kalkes und baut mehr oder weniger stark in Rotheisenstein umgewandelten Kalk ab. Der letztere hat eine Mächtigkeit von 50 Meter, darunter folgt eine 15 Meter mächtige Schichte reinen Kalkes. Das Einfallen ist südlich in einem Winkel von 40—45°. Wenn auch eine verschiedene Vertheilung der Thierreste in der Weise beobachtet werden kann, dass mitunter Korallen, unter denen in Bezug auf Häufigkeit des Vorkommens vorzugsweise *Heliolites porosa* und *Amplexus* zu erwähnen sind, und Stromatoporen vorherrschen, dann wieder Brachiopoden, lassen sich doch verschiedene Horizonte nicht nachweisen.

Neue Aufschlüsse haben ergeben, dass der Kalk der Grube Hainau unter der Schalsteindecke fortsetzt und mit den südlicher gelegenen Mulden bei Waldgirmes direct verbunden ist, ebenso haben diese Aufschlüsse eine genügende Zahl Versteinerungen geliefert, welche annehmen lassen, dass die Fauna des Kalkes der Grube Hainau in südlicher Richtung fortsetzt und selbst im Kalk beim Kloster Altenburg an der Lahn enthalten ist.

Man kann desshalb heute unter der Fauna des Rotheisensteins der Grube Hainau nicht mehr ein locales Petrefactenlager verstehen, sondern muss den Begriff weiter ausdehnen und, nachdem eine grössere horizontale Verbreitung dieser Fauna constatirt ist, eine gut charakterisirte Zone des rechtsrheinischen Mitteldevon darin erkennen.

Ludwig²⁾ hält das ganze Kalklager mit nördlicher Ausdehnung bis Rodheim für gleichen Alters, er bringt eine Liste von 29 Versteinerungen aus dem eisenschüssigen Kalk der Grube Hainau und stellt seine Funde von

¹⁾ Dieselben schönen Mineralien finden sich auch am Südrand des Kalklagers bei Waldgirmes, und wurden s. Z. von Streng (N. Jahrb. f. Min. 1881, I., S. 101) beschrieben.

²⁾ Geol. Karte v. Hessen. Sect. Gladenbach Seite 56.

Königsberg, Bieber, Rodheim und Hainau zu einer Fauna der Stringocephalenschichten zusammen.

Als eine auffallende Erscheinung wird wohl bemerkt werden, dass heute unsere Fauna eine grössere Zahl von Arten enthält, welche mit böhmischen theils identisch theils verwandt sind, von deren Vorhandensein früher keine Rede war. Ich muss an eine Bemerkung in meiner ersten Arbeit erinnern, dass mit dem dort aufgeführten Verzeichniss der Reichthum der Fauna der Grube Hainau nicht erschöpft sei, und eine Zahl mangelhaft erhaltener Funde nicht hätten bestimmt werden können. Es muss hinzugefügt werden, dass nicht nur die Mangelhaftigkeit, sondern auch meine Unkenntniss vieler Formen und mangelhaftes Verständniss, dieselben zu bestimmen, die Ursache war, dass nur mitteldevonische Formen namhaft gemacht worden waren. Die neu hinzukommenden Arten bilden keinen besonderen Horizont, sondern finden sich mit den bereits bekannt gewordenen in einem Lager nicht nur im Kalk der Grube Hainau, sondern auch an einem anderen, später zu erwähnenden, weiter südlich gelegenen Punkt.

Nachdem damit die Fauna unseres Kalkes eine weitergehende Bedeutung erlangt hat, ist es auch nothwendig geworden, die Beschaffenheit und Lagerungsverhältnisse der nächstliegenden Schichten etwas genauer anzusehen, um möglicher Weise über die Gliederung des ganzen Schichtencomplexes der Gegend ein Bild zu erhalten.

Ein Blick auf v. Dechen's geologische Karte von Rheinland und Westfalen lässt keinen Zweifel, dass hier an der Ostgrenze des rheinischen Schichtensystems grosse Veränderungen in den Lagerungsverhältnissen der Schichten stattgefunden haben, und Gesteine aller Glieder des Systems, von der älteren rheinischen Grauwacke bis zum flötzleeren Sandstein auf kleinem Raum zusammengedrängt sind. Im Ganzen hat man sich nach der erwähnten Karte folgende Vorstellung von der in Muldenform gedachten Schichtenfolge zu machen. Die Mitte der Mulde nimmt der Kalk ein. Derselbe ist zunächst von Schalstein umgeben oder wechsellagert mit demselben, während Porphyrmassen theils im Schalstein, theils an dessen Grenze auftreten. Die sich nun anreihenden Schichten gehören dem Oberdevon an, es folgen Kramenzel oder Cypridinen-Schiefer, welche ein zwar schmales aber die ganze Mulde umziehendes Band bilden. Die den Kramenzel überlagernde Culmformation ist vorzugsweise durch Kieselschiefer vertreten.

Während in Süden der Mulde, an den Culmzug anschliessend, sich der

flözleere Sandstein bis zur Lahn in mächtiger Entwicklung ausbreitet, wird die nördliche Grenze derselben von Melaphyr der Kohlengruppe gebildet.

Eine grössere Bank älterer rheinischer Grauwacke liegt nördlich Waldgirmes isolirt zwischen Kramenzel und flözleerem Sandstein, ein zweites bedeutend mächtigeres Lager älterer rheinischer Grauwacke liegt im Südstreichen unserer Mulde, von Schalstein völlig eingeschlossen, von Obernbil an der Lahn, dem Generalstreichen in nordöstlicher Richtung folgend, mit nördlicher Grenze bei Aslar.

Eine Vorstellung über den Zusammenhang der älteren und jüngeren Glieder des Systems, resp. des Unter- und Mitteldevon bis zum Oberdevon kann man aus der Karte nicht gewinnen, weil nirgends eine concordante Lagerung der fraglichen Schichten zu erkennen ist, und man demnach genöthigt wird, bedeutende Schichtenstörungen anzunehmen, für welche sich keine befriedigende Erklärung finden lässt. Ein Versuch, ob sich die Lagerungsverhältnisse in Folge der Auffindung neuer Lager von Versteinerungen nicht in anderer Weise erklären lassen, soll des Zusammenhanges wegen später Platz finden, und den Schluss der vorliegenden Arbeit bilden.

Es sind drei Fundstellen von Versteinerungen, welche zwar äusserlich getrennt, aber in einer Streichungslinie liegend und dieselbe Fauna enthaltend zu einer Fauna der Kalk bei Waldgirmes zusammengestellt sind, weil in der Nähe dieses Ortes die beiden Hauptfundstätten liegen. Nachdem der Betrieb auf der bereits bekannten Rothelsensteingrube Hainau in Folge eindringender Wasser eingestellt werden musste¹⁾, wurde etwa 600 Meter im

¹⁾ Diese Verhältnisse sind um so mehr zu bedauern, als von dort eine grössere Ausbeute von Versteinerungen nicht mehr zu erwarten ist, während mir immer noch viele unbestimmbare Versteinerungen von dort vorliegen. Vielleicht ist auch unter letzteren die Zahl derjenigen Versteinerungen enthalten, welche aus dem Verzeichniss der von Ludwig aus dem Kalk der Grube Hainau (Sect. Gladenbach Seite 51) bekannt gemachten Arten aufzufinden mir nicht gelungen ist. Dahin gehören die Brachiopoden:

<i>Spirifer muralis</i> Murch. V. u. K.	<i>Orthis opercularis</i> Murch. V. u. K.
<i>Rhynchonella tennistriata</i> Sandb.	<i>Bellerophon lineatus</i> Goldf.
und <i>Spirifer aequaliaratus</i> Sandb.	

Zwei, dem letzteren sehr ähnliche etwas gedrückte Versteinerungen könnten möglicher Weise zu dieser Art gehören, allein abgesehen davon, dass die Zahl der Rippen unserer Exemplare eine grössere ist, erlaubt der Erhaltungszustand derselben keine sichere Bestimmung. Unter den 16 von Ludwig angeführten Korallen führt nur eine Art, der *Amplexus tortuosus* Phill. einen bekannten Namen, die übrigen 15 Arten führen dem Verfasser eigenthümliche Gattungsnamen, gehören aber doch theilweise bekannten Arten an, welche in der nachfolgenden Beschreibung aufgeführt sind. Die übrigen 8 Arten zu entziffern, ist mir nicht gelungen,

Südstreichen durch die Grube „Rothe Erde“ das Lager und mit diesem die Fauna wieder erschlossen. Eine dritte Grube, die Grube „Julie“ baut im Augenblick etwa 300 Meter südlich der Grube Rothe Erde vorerst noch im Kalk, und die wenigen Versteinerungen, welche diese Stelle geliefert hat, lassen die gleiche Fauna vermuthen. Die dritte Fundstelle ist das Kalklager beim Kloster Altenburg, welches zwar durch das Alluvium der Dill von den vorerwähnten Punkten getrennt und 5000 Meter entfernt ist, aber genau in deren Streichen liegt, und wohl eine spärliche Anzahl von Versteinerungen geliefert hat, weil dieselben hier in frischem Gestein gesucht werden müssen, allein durch das Vorkommen von *Stringocephalus Burtini* und *Uncites gryphus* bereits durch F. Römer¹⁾ bekannt geworden ist, zwei Arten, welche auf die gleiche Fauna schliessen lassen.

Bevor zur Beschreibung der Arten übergegangen werden soll, habe ich die angenehme Pflicht, die mir von vielen Seiten in verschiedener Beziehung zu Theil gewordene freundliche Unterstützung meiner Arbeit in dankbarer Weise zu erwähnen.

Leider kann ich Barrande selbst nicht mehr für das mir, wie früher, so auch während der Untersuchung der auf den nachfolgenden Seiten aufgeführten Arten erwiesene freundliche Interesse meinen Dank sagen. Er hatte, mit eigenen Arbeiten vollauf in Anspruch genommen, immer noch Zeit gefunden, in zuvorkommendster Weise mir seine Beurtheilung mehrerer ihm vorgelegten Versteinerungen mitzutheilen, wodurch mir mancher Zweifel beseitigt und manche Vermuthung bestätigt wurde. Ich wusste in vorliegendem Fall sein Andenken nicht besser zu ehren, als die mir zugekommenen Bemerkungen an den betreffenden Stellen in dem Text meiner Arbeit aufzuführen.

Durch Herrn Professor Dr. von Koch wurde mir während der Untersuchung der Korallen vielfache Belehrung zutheil, und die Herrn Professoren von Koenen und Bücking hatten mir in sehr freundlicher Weise die in ihrem Besitz befindlichen Versteinerungen von der Grube Hainau zur Verfügung gestellt, auch diesen Herrn bin ich für die liebenswürdige Unterstützung meiner Arbeit zu besonderem Dank verpflichtet.

und wäre unter diesen *Ptychocyathus profundus* (*Palaeontographica*, Band XIV. Seite 196, Taf. XLIX. F. 1.) besonders zu erwähnen, von dem zwei Exemplare im Grossherzoglichen Museum aufbewahrt werden. Beide Exemplare stimmen so wenig mit der Beschreibung und Abbildung überein, und sind so schlecht erhalten, dass eine Bestimmung darnach auszuführen unmöglich ist.

¹⁾ F. Römer, Rhein. Ueberg. Geb. 1844 Seite 50.

Die Abbildungen sind durch Herrn Lithographen Kröll in Darmstadt zum grössten Theil mit Hilfe des Embryographen¹⁾ ausgeführt worden. Um die beigegebenen Tafeln auf eine gewisse Zahl zu beschränken, konnten von einer Art immer nur einzelne Exemplare zur Wiedergabe ausgewählt werden. Zwar wurde bei der Wahl auf die besterhaltenen und die charakteristischsten Formen Rücksicht genommen, allein es ist doch die Erklärung nothwendig, dass es unmöglich war, die im Text erwähnten vielfachen Formschwankungen, deren bei vielen Arten häufiges Vorkommen als eine Eigenthümlichkeit unserer Fauna bezeichnet werden kann, alle zur Abbildung zu bringen.

¹⁾ Der von W. Emil Boecker in Wetzlar ausgeführte neue Zeichenapparat, welchem die Bezeichnung Embryograph gegeben wurde, und dessen Construction in der Zeitschrift für Instrumentenkunde, Jahrgang 1884, näher beschrieben ist, kann zur Abbildung nicht nur von Dünnschliffen, sondern namentlich auch von undurchsichtigen Schliffen und nicht allzu grossen Versteinerungen als vorzüglich brauchbar empfohlen werden. (Vergl. auch die bezüglichen Mittheilungen von v. Koch in Palaeontographica XXIX. Band oder III. Folge V. Band. V. u. VI. Lieferung. Cassel 1883.)

Beschreibung der Arten.

Coclenterata.

Classe Anthozoa.

Die Korallen lieferten zwar neben Stromatoporen und Bryozoen das Hauptmaterial zur Bildung unseres Kalkes, allein eigenthümlicher Weise sind es fast ausschliesslich nur Bruchstücke, welche aus der Masse loszulösen gelungen ist. Dazu kommt, dass die vorgeschrittene Verwitterung in vielen Fällen ein Anschleifen der Stücke unmöglich machte, und kann daher eine nur einigermaßen vollständige Liste dieser Thierklasse vorerst nicht zusammen gestellt werden. Auch die Bestimmung der gefundenen Reste bot einige Schwierigkeiten, weil die Korallenfauna unseres Kalkes eine von dem Mitteldevon anderer Gegenden einigermaßen abweichende Zusammensetzung zeigt. Während die anderwärts zahlreich vertretenen Gattungen Pavosites und Cyathophyllum nur durch wenige Arten vertreten sind, haben sich mehrere eigenthümliche Formen gefunden, deren Einreihen in die gegenwärtig gebräuchlichen Gattungen nur mit Vorbehalt geschehen konnte.

Genus Syringopora Goldfuss.

Syringopora compressa n. s.

Taf. I. Fig. 1.

Die der nachfolgenden Beschreibung zu Grunde liegenden Exemplare sind bereits stark angewittert, so dass vielfach nur der Kern erhalten ist. Derartige Stücke finden sich jedoch ziemlich häufig, so dass die Art für unseren Kalk als charakteristisch angesehen werden muss und besondere Erwähnung verdient.

Ein vollständiger Stock ist nicht erhalten, die Bruchstücke bestehen aus dicht stehenden cylindrischen Zellen, mit schwach ovalem Querschnitt von 1 oder wenig mehr mm Durchmesser. Die Zellen haben entweder parallele Lage und sind nur schwach gebogen oder sie entwickeln sich garbenförmig von einem Mittelpunkt oder einer Mittellinie aus. Sie haben unter sich gleiche, sehr geringe Abstände und sind durch Stolonen unter einander verbunden, welche sich in gleichmässigen Entfernungen von 1 mm folgen. Durch diese Anordnung erhält der Stock ein sehr regelmässiges gitterähnliches Ansehen. Die Zellen haben eine mässig starke Wand, deren äussere Fläche glatt und deren innere Fläche etwa 12 deutliche Längsstreifen zeigt. Am Längsschnitt lassen sich im Inneren fast horizontal gelegene Böden erkennen, welche sich in einem ein wenig unregelmässigen Abstand von durchschnittlich 1 mm folgen.

Bemerk. Die beschriebene Form zeigt manche Abweichungen von der für die Gattung *Syringopora* geltenden allgemeinen Diagnose. Der Querschnitt der Zellen ist nicht vollständig kreisrund, die Böden sind nicht trichterförmig ineinander gefügt. Dem gegenüber wäre zunächst festzustellen, dass die fragliche Form unzweifelhaft zur Familie der Tubiporiden gehöre. Nun liegen zwar die Zellen so dicht aneinander, dass an frischen Exemplaren die Vermehrungsweise nicht mit Sicherheit erkannt werden kann, allein an verwitterten, ihrer Wand beraubten Zellen sind die Kerne der einen Zelle durch eine kurze Seitensprosse mit der Basis der Nachbarzelle verbunden. Wenn somit über die Zugehörigkeit unserer Art zu den Tubiporiden kein Zweifel bestehen kann, so lässt sich unter letzteren unsere Koralle am besten dem Genus *Syringopora* einreihen, charakterisirt durch lange cylindrische, mit Pseudoscyten versehenen Zellen, welche durch horizontale Fortsätze der Wand verbunden sind und deren Vermehrung durch Stollonen erfolgt, was gerade nicht bei allen Arten, welche den Namen *Syringopora* führen, der Fall zu sein scheint.

Unter den mitteldevonischen Formen, welche Goldfuss beschreibt, befindet sich keine unserer Art ähnliche. Sie haben alle kreisförmigen Durchmesser der Zellen, unregelmässige Aufeinanderfolge der Stolonen und andere Bodenlage. Dagegen steht ihr die *Syringopora tabulata*, Van Cleve¹⁾ aus dem amerikanischen Devon von Ohio sehr nahe. Letztere hat auch sehr engstehende Zellen, und ähnliche gleichmässige Aufeinanderfolge der Quersprossen.

¹⁾ M. Edw. et J. Heime, *Polyp. foss.* S. 288, P. 1573.

Jedoch ist der Querschnitt der Zellen kreisrund und die Lage der Böden unbekannt, auch über die Vermehrungsweise finden sich keine Angaben.

Syringopora expansa n. s.

Taf. I. Fig. 2, 3, 4. Taf. III. Fig. 1 u. 2.

Diese Art wurde bis jetzt nur in Exemplaren beobachtet, welche von Stromatoporen überwuchert sind. Der Stock besteht aus weit auseinander stehenden, cylindrischen Zellen, welche ziemlich parallel und senkrecht in einem Abstand von 2—3 mm geordnet, und in weiten, aber regelmässigen Etagen von 5 mm durch Stolonen unter einander verbunden sind. Die Stolonen sprossen seitlich aus einer Zelle, verbreiten sich rechts und links derselben in horizontaler Richtung, und dienen zur Bildung neuer Zellen. Die Zellen haben einen Durchmesser von 0,5 mm, starke Wände mit dichtstehenden horizontalen Anwachsstreifen. Die Lage der Böden scheint nach den zahlreich ausgeführten Längsschnitten zu urtheilen keine sich vollständig gleichbleibende zu sein. Trichterform haben sie zwar alle, allein bald eine mehr spitze, bald eine mehr flache, sie folgen sich in kürzeren und weiteren Abständen. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, dass diese Verschiedenheit oft nur eine scheinbare ist, und darin ihren Grund hat, dass die Zellen nicht immer genau in der Mitte getroffen wurden.

Syringopora expansa findet sich von verschiedenen Stromatoporen-Arten überwachsen nicht selten auf Grube Heinau.

Bemerk. Für diese Art bezeichnend ist, dass die ziemlich regelmässig senkrechten Zellen ungewöhnlich weit auseinander stehen und etagenförmig in grösseren Abständen, wie bei irgend einer anderen Art dieser Gattung durch Stolonen untereinander verbunden sind. Es ist nicht undenkbar, dass diese Eigenthümlichkeit im Bau der Coralle mit der Ueberwucherung durch eine Stromatopora in Zusammenhang steht. Weder ein nahes Zusammenrücken der Zellen, noch zahlreiche Verbindungsröhren, welche dem Stock als Stütze dienen, waren nothwendig, weil die Coralle durch das Skelet der Stromatopora festen Halt hatte, und wäre nicht unmöglich, dass unsere *Syringopora expansa* nur die Modification irgend einer bereits bekannten frei vorkommenden Art wäre. Da mir letztere jedoch unbekannt und ihre Existenz überhaupt nur Vermuthung ist, so mag *expansa* vorerst als selbstständige Art angesehen werden.

Das Vorkommen der beschriebenen Art scheint nicht auf Grube Hainau

beschränkt zu sein. Diese oder ihr sehr ähnliche Arten, hier wie anderwärts von einer Stromatoporida überwuchert, veranlassen Bargatzky¹⁾, dem Vorgang anderer Forscher folgend, zur Begründung der Gattungen *Caunopora* und *Diapora*, indem die durch Querlamellen verbundenen cylindrischen Zellen für integrierende Bestandtheile des Skeletes einer zu den Stromatoporiden zu zählenden Hydrozoe erklärt wurden. Herr Bargatzky hatte die Freundlichkeit, auf meine Anfrage die Uebereinstimmung der Hainauer Vorkommen mit seiner *Caunopora Hüpschii* von Paffrath zu bestätigen, und damit ist die Annahme einer möglichen Verwechslung der zu beurtheilenden Gebilde ausgeschlossen.

Nun liegen aber eine ganze Reihe von Bedenken vor, welche gegen die Ansicht von Bargatzky und anderer Forscher, dass die fraglichen Röhren Skeletbestandtheile einer Hydrozoen-Gattung bilden sollen, sich geltend machen lassen. Es sind folgende:

1) Das Skelet einer von Röhren durchwachsenen Stromatopora hat alle dieser Gattung zukommenden Bestandtheile; dasselbe besteht aus Horizontal-lamellen, Verticalsäulchen und Astorhizen, es ist deshalb schwer zu erklären, wesshalb einzelne Arten von Röhren durchwachsen sind, andere nicht.

2) Die Röhren sind in einem und demselben Gehäuse ganz ungleich vertheilt, der eine Theil ist damit erfüllt, einem anderen fehlen dieselben.

3) Die Röhren haben eine starke Wand und Zuwachsringe, ihre Vermehrung geschieht durch Stollonenbildung.

4) Die einen Stock bildenden röhrigen Zellen haben keine Organe, durch welche sie mit dem sie überwuchernden Gebilde in Wechselbeziehung stehen.

Selbstverständlich richten sich diese Bedenken auch gegen die Gattung *Diapora*, welche von *Caunopora* durch die parallele Lage der Lamellen und senkrechte Stellung der Säulchen sich unterscheiden soll, insbesondere scheint mir die von Bargatzky beschriebene *Diapora laminata* nichts Anderes zu sein, als eine von *Stromatopora astroides* oder einer ihr sehr ähnlichen Art überwucherte *Syringopora expansa*. Die Abbildung bei Bargatzky (l. c. S. 274) scheint mir verkehrt gestellt zu sein, sie zeigt deutlich die Neubildung einer Zelle durch eine Stolone.

F. Römer²⁾ erklärte schon im Jahre 1844 die *Caunopora placenta* für nichts Anderes, als *Strom. polymorpha* von *Syringopora (caespitosa Goldf.?)* über-

¹⁾ Verhandl. d. nas. V. f. R. u. W. 1881. S. 290.

²⁾ Rhein. Uebersggeb. S. 57.

wachsen. Derartigen Ueberwucherungen können selbstverständlich verschiedene Arten unterliegen. Insbesondere kann unsere *Syringopora expansa*, wie bereits erwähnt, wenigstens vorerst nicht mit *caespitosa* vereinigt werden, weil deren Zellen bündelförmig zusammengewachsen und durch viel zahlreichere Stolonen verbunden sind.

Genus *Heliolites* Dana.

Heliolites porosa Goldf.

Astrea porosa Goldf. Petr. Germ. S. 64. T. XXI. f. 7.

Diese für die mitteldevonischen Kalke charakteristische Koralle findet sich in unserem Gebiet ziemlich häufig, aber niemals in vollständig erhaltenen Exemplaren. Die Structur derselben stimmt mit der typischen vollständig überein.

Bemerk. An dieser Stelle sei der interessanten mikroskopischen Untersuchungen v. Kochs¹⁾ gedacht, welche, ausgeführt an Material von der Grube Hainau, die bisher offene Frage über das Verhältniss der Cönenchymröhrchen zu den Kelchen zum Abschluss gebracht haben. v. Koch fand, dass die Kelche sich aus einer grösseren Zahl Cönenchymröhrchen in der Weise entwickeln, dass mehrere (etwa 12) der letzteren in einer Kreisfläche angeordneter Röhrchen in ihrem Wachsthum gleichzeitig abbrechen, und an ihre Stelle der Kelch tritt.

Genus *Acanthodes* Dybowsky.

Mit *Acanthodes* bezeichnet Dybowsky²⁾ Korallen, an welchen die Sternleisten durch Längsreihen von Dornen ersetzt werden, und die Böden auf den inneren Theil der Koralle beschränkt, nur bis an die Dornen reichen. Unter letzteren sind dorn- oder stäbchenartige Gebilde zu verstehen, welche als niedrigste Stufe von Längsscheidewänden anzusehen sind. Dybowsky errichtete dieses Genus für Formen der Silurformation Estlands und Nord-Livlands.

In unserem Gebiet haben sich zwei Korallen gefunden, deren innerer

¹⁾ v. Koch, Ungeschl. Vermehr. Palaeontograph. Band XXIX. Lief. V. u. VI.

²⁾ Dybowsky, Mon. Zoanth. rug. Seite 108.

Bau dieser Diagnose entsprechend aus zwei scharf begrenzten Zonen besteht, einer äusseren, schmäleren, mit verkümmerten Sternleisten und einer inneren, grösseren, mit Böden versehenen Zone. Obgleich die Art der Verkümmierung der Sternleisten an den beiden Formen keine übereinstimmende ist, so besteht doch insoweit Uebereinstimmung, als diese Gebilde auf die äussere Zone beschränkt und von der inneren, mit Böden versehenen, scharf geschieden sind, und wenn auch nicht ganz zweifellos ist, ob beide Arten zu *Acanthodes* zu zählen sind, so mögen dieselben aus Gründen der Uebersichtlichkeit vorerst hier eingereiht werden, weil sie unter keiner anderen Gattung besser unterzubringen sind.

Acanthodes retinens n. s.

Taf. I. Fig. 5, 6, 7.

Der Stock ist einfach, subcylindrisch und leicht gebogen. Die Oberfläche hat schwache Anschwellungen und Einschnürungen. Die Epithek hat bereits durch Verwitterung gelitten, sie war anscheinend mässig stark, mit dicht stehenden Verticalstreifen, unter denen Längsstreifen verschiedener Ordnung deutlich sichtbar sind. Kelch und Basis sind nicht erhalten, die vorhandenen Bruchstücke haben eine durchschnittliche Länge von 3 cm und eine mittlere Breite von 1 cm. — Am Längsschnitt unterscheidet man zwei verschiedene Zonen. Die äussere schmalere Zone wird durch dünne Lamellen gebildet, welche von der Mauer aus in ziemlich regelmässigen Abständen von 1 mm in einer Länge von 1 mm in den Visceralraum sich erstrecken und eine vorherrschend horizontale Lage inne halten. Die Enden sind durch eine mit der Wand parallel laufende Interseptallamelle unter einander verbunden, und damit von der mittleren Zone vollständig abgeschnitten. An einzelnen Stellen verkümmert diese äussere Zone, und es bildet sich dann auf eine kurze Strecke eine zweite, welche sich vor die verkümmerte legt und als Ersatzzone oder Secundärzone bezeichnet werden kann. Die mittlere Zone, welche den übrigen grösseren Visceralraum einnimmt, ist mit Böden erfüllt. Diese Böden stehen sehr dicht, sind im unteren Theil des Stockes schwach convex nach oben gebogen, im oberen Theil nehmen sie mehr eine horizontale Lage an. Uebrigens kommen auch wiederholt Unregelmässigkeiten vor. Einzelne Böden weichen von der horizontalen Lage in der Weise ab, dass sie sich nicht über den ganzen mittleren Raum erstrecken, sondern schwach gebogen sich auf den vorhergehenden Boden auflegen, und auf diese Weise blasenähnliche Gebilde entstehen.

Auf dem Querschnitt unterscheidet man die äussere Zone, aus 20—25 kurzen einfachen radialen Linien bestehend, welche unter sich regelmässige Abstände von 1 mm haben und den äusseren Längsstreifen erster Ordnung entsprechen. Eigentliche Septen können jedoch darin kaum erkannt werden, vielmehr nur Trennungsflächen der zwischenliegenden Lamellen. Diese radialen Linien sind mit ihren Enden in einer Entfernung von 1 mm vom Aussenrand durch eine mit letzterem parallel laufende schmale Interseptallamelle verbunden, und der Zwischenraum ist mit Sclerenchymmasse ausgefüllt. Die innere, grössere mit Böden versehene Zone bildet eine glatte Fläche.

Die beschriebene Art wurde in mehreren Exemplaren auf der Grube Hainau gefunden.

Bemerk. Bei vorgeschrittener Verwitterung fällt die äussere Zone leicht in würfelförmige Stücke auseinander, in ähnlicher Weise wie bei *Fascicularia*, welcher Gattung unsere Art überhaupt durch das Vorhandensein zweier verschiedener Zonen, deren mittlere Böden hat, sehr nahe steht. Eine Vereinigung ist jedoch nicht möglich, weil, wie erwähnt, eigentliche Septen zu fehlen scheinen, oder wenigstens nur in sehr verkümmerten Form auftreten. Eine weitere eigenthümliche Erscheinung ist das Vorhandensein von Querstreifen auf den die äussere und innere Zone trennenden Flächen. Diese Querstreifen entsprechen den Anwachsstreifen der Epithek, man könnte daher versucht sein, die erste Zone mit ihren verkümmerten Septen für einen Bestandtheil der Wand zu halten.

So sehr unwahrscheinlich auch diese Annahme klingen mag, lässt sie sich doch, wie mir scheint, mit dem Vorhandensein von Querstreifen auf der inneren Wandfläche von *Cystiphyllum*, wie sie an mehreren Exemplaren unseres Kalkes deutlich wahrzunehmen sind, in Beziehung bringen.

Auch bei *Cystiphyllum* kommen ausser den erwähnten Querstreifen auf der inneren Wandfläche bei beginnender Verwitterung auf der Epithek Längsstreifen zum Vorschein, welche als verkümmerte, auf die Wand beschränkte Septenbildungen anzusehen sind, und würden demnach bei *Acanthodes* und *Cystiphyllum* ziemlich übereinstimmende Erscheinungen vorliegen. Von diesen Fragen abgesehen hat der Bau unserer Koralle wohl die meiste Uebereinstimmung mit Formen der Gattung *Acanthodes*, unter denen *Acanthodes* Eichwaldi¹⁾ zu erwähnen wäre, mit ähnlichem Bau, nur dass das Sclerenchym der äusseren Zone Hohlräume hat.

¹⁾ Dybowsky l. c. S. 116. T. II. f. 1.

Acanthodes pastinatus n. s.

Taf. I. Fig. 8.

Der äussere Bau ist dem der vorhergehenden Art ähnlich. Der Stock ist einfach, subsylindrisch und leicht gebogen. Anwachswülste und Einschnürungen sind schwacher und zahlreicher, die Epithek ist stark entwickelt, hat zahlreiche verticale Streifen, während Längsstreifen nicht zu beobachten sind. Kelch und Basis sind nicht erhalten. Die Bruchstücke haben eine Länge von 2,5 cm und eine mittlere Breite von 1 cm. Die bereits begonnene Verwitterung ist der Untersuchung des inneren Baues nicht besonders günstig gewesen, doch lässt sich Folgendes darüber angeben.

Am Längsschnitt treten zwei deutlich getrennte Zonen auf; die äussere nimmt $\frac{2}{3}$ des Visceralraumes ein, die innere $\frac{1}{3}$. Die erstere Zone besteht aus hackenförmig nach unten gekrümmten Gebilden (Hacken), welche dicht aufeinander liegen, und nach innen mehr oder weniger spitz zulaufen. Doch ist diese Ausbildung keine regelmässige. Man beobachtet längere und schmalere und dazwischen auch kürzere spitz zulaufende Hacken, und endlich mehr blasenförmige Gebilde. Mehrere der längeren Hacken enthalten der äusseren Form entsprechende Hohlräume, welche mehr oder weniger deutlich abgegrenzt sind, und durch die rothe Färbung der Ausfüllungsmasse sich erkennen lassen.

Die innere Zone besteht aus dicht zusammengedrängten Böden, die wohl durch ziemlich regelmässige Zwischenräume von einander getrennt sind, aber keine regelmässig horizontale Lage haben, vielmehr im Querschnitt wellig gebogene und wiederholt auch zackige Linien bilden. Eine Eigenthümlichkeit der Böden ist, dass von einzelnen derselben in die Zwischenräume kurze Dornen nach oben oder unten ausgehen, sie erstrecken sich mitunter bis zum nächstliegenden Boden. Aehnliche Dornen zeigen bekanntlich mehrere Amplexus-Arten, wie *A. coralloides* und *A. tortuosus*.

Der Querschnitt. Da die Lamellen (Hacken) der äusseren Zone nicht horizontal, sondern gekrümmt nach unten übereinander liegen, so trifft ein horizontaler Schnitt gleichzeitig immer mehrere übereinander liegende Lamellen, indem der Querschnitt der höher gelegenen Lamelle in radialer Lage vor dem der unteren Lamelle sichtbar wird. Man zählt an der Peripherie etwa 24 Lamellen, vor denen radiär angeordnet je ein Mittelschnitt und ein Endschnitt der höher gelegenen Lamellen liegt. Je regelmässiger diese Anordnung ist, desto vollkommener entsteht ein Bild von radiär und concentrisch geordneten Linien, welche denen von Septen und Interseptallamellen nicht unähnlich sind.

Man kann auch an einem Querschnitt die verschiedene Färbung der inneren und äusseren Theile der Hacken deutlich erkennen, und wenn möglicher Weise daraus auch nicht mit Sicherheit auf das ursprüngliche Vorhandensein von Hohlräumen geschlossen werden kann, so war jedenfalls die Dichtigkeit der Masse eine ungleiche, der innere Theil der Hacken hatte ein mehr lockeres Gefüge wie der äussere.

In der mittleren Zone bemerkt man auf dem Querschnitt einige unregelmässige Linien, welche von den an einzelnen Stellen durchschnittenen Böden herrühren.

Vorkommen: Grube Hainau.

Bemerk. Der eigenthümliche Bau unserer Koralle hat einige Aehnlichkeit mit dem *Acanthodes rhizophorus* Dybowsky.¹⁾ Bei letzterer Art besteht die äussere Zone aus verschiedenen grossen Zacken, welche jedoch nicht dicht übereinanderstehen, sondern durch eine Zwischensubstanz getrennt sind, und deren Spitzen frei in den inneren Raum ragen. Die Hacken unserer Art scheinen eine diesen Dornen analoge Bildung zu sein, mit dem Unterschied, dass sie unmittelbar übereinander liegen und gekrümmt sind. Während Dybowsky an *A. rhizophorus* eine verschiedene Färbung der Dornen und der diese trennenden Zwischenräume beobachtet hat, letztere sind dunkel, die Dornen weiss, zeigen die Quer- und Längsschnitte der Hacken unserer Art im Inneren eine Färbung, welche eine den Höhlungen der Dornen von *A. Eichwaldi*²⁾ entsprechende Structur der Hacken vermuthen lässt.

Genus *Amplexus* Sowerby.

Amplexus tortuosus Phill.

A. tortuosus M. Edw. & H. Brit. Dev. Cor. 1850. S. 222. Taf. 49. f. 5, 5a.

Zu dieser Art gehören mehrere nicht vollständig erhaltene Einzelkorallen. Der Stock ist fast cylindrisch, oder verlängert kegelförmig und schwach gekrümmt. Die Epithek ist fein quergestreift, da wo dieselbe fehlt, zeigen sich zahlreiche Längsstreifen. Am Querbruch zählt man etwa 30 einfache Septen, welche mit einer Länge von 2 mm sich in den Visceralraum erstrecken. Septen zweiter Ordnung lassen sich keine erkennen, scheinen jedoch nach der Zahl

¹⁾ Dybowsky l. c. S. 10. T. I. f. 12.

²⁾ Dybowsky l. c. S. 116. T. II. f. 1.

und Lage der Längsstreifen an der Aussenwand zu urtheilen vorhanden zu sein, aber sehr schwach entwickelt. Die Böden sind, soweit die Septen reichen, gefaltet, darüber hinaus sind dieselben vollständig glatt, ohne Kerben und Rinnen.

Der Längsschnitt zeigt zahlreiche, vollkommene Querböden von unregelmässig horizontaler Lage in ziemlich gleichmässigen Zwischenräumen. Hier und da treten zwischen den Böden vertical gerichtete Dornen auf, welche miteinander bis zum folgenden Boden erstrecken.

Vorkommen: Gruben Hainau und rothe Erde.

Anmerk. Unsere Exemplare stimmen sehr gut mit der oben angeführten von M. Edw. & H. beschriebenen und abgebildeten Form aus dem englischen Mitteldevon von Plymouth überein. Auch findet sich die Art nach Sandberger ¹⁾ in dem Kalk von Vilmar, wiewohl nach der beigegebenen Abbildung, insbesondere der Figur 5a die Zugehörigkeit mir zweifelhaft ist. Kayser ²⁾ erwähnt die Art aus dem mitteldevonischen Kalk von Brilon.

Amplexus mutabilis n. s.

Taf. I. Fig. 11—18.

Die mir zur Untersuchung dieser Art gedienten Exemplare — über 50 an der Zahl — zeigen unter sich, sowohl in Bezug auf äussere Ausbildung, wie Lage der Böden so grosse Verschiedenheiten, dass ich zweifelhaft war, ob alle diese Formen auf eine Art zurück zu führen oder mehrere Arten darunter zu verstehen seien. Ich glaube nun die Existenz Einer Art in allen den verschiedenen Ausbildungen annehmen zu müssen, und zwar gestützt auf eine Beobachtung, welche bisher bei Unterscheidung der Amplexus-Arten weniger Berücksichtigung fand, nämlich die Ausbildung der Kerben und Rinnen. Kerben erscheinen bekanntlich auf der oberen Bodenfläche, Rinnen auf der unteren, und werden, soweit mir bekannt, überhaupt nur bei Amplexus beobachtet. Eine ähnliche Erscheinung ist wohl das Vorkommen von radialen Kerben auf der Blasenoberfläche von *Cystiphyllum*-Arten. So schwankend auch die äussere Form unserer Koralle und die Entwicklung und Lage der Böden ist, bleibt die Ausbildung der Kerben und Rinnen immer die gleiche. Welche Bedeutung letztere für den Organismus der Koralle haben

¹⁾ Sandberger, Rh. Sch. Nass. S. 415. T. 37. Fig. 5.

²⁾ Kayser, Zeitschr. d. d. g. G. Bd. XXIV. S. 685. Taf. XXVII. Fig. 5.

ist mir nicht bekannt. Einerseits scheinen sie in Beziehung zu den Septen zu stehen, in deren Verlängerung sie auf den Böden erscheinen, allein nur auf der Oberfläche derselben, denn sie lassen sich durch Anschlag leicht beiseitigen, anderseits ist die Entwicklung der Kerben auf der Bodenfläche der einzelnen Arten eine ausserordentlich verschiedene. Während z. B. bei *A. coralloides* die einfachen Kerben gerade radiale Linien bilden, welche bis in die Hälfte des Visceralraumes reichen, sind die Kerben des *A. tortuosus* noch kürzer, fast nur randlich entwickelt, der Rand selbst gefaltet, diejenigen des *A. Barrandei* ¹⁾ bilden unregelmässig gebogene, fast auf die ganze Bodenfläche vertheilte Linien. So lässt sich für jede Art eine ganz bestimmte Zeichnung der Kerben und Rinnen nachweisen und wird eine Bestimmung auf diese Unterschiede hin immer leicht auszuführen sein, während eine Unterscheidung der vorliegenden Stücke nach anderen Eigenthümlichkeiten, etwa ihrer Bodenlage, genöthigt hätte, mindestens ein halbes Dutzend verschiedene Arten anzunehmen.

Aus diesen einleitenden Bemerkungen würde sich folgende Charakteristik unserer Art ergeben:

Stock einfach, kegelförmig bis cylindrisch, gerade gestreckt, oder wenig unregelmässig gebogen. Der Querschnitt ist schwach oval bis kreisförmig. Die Oberfläche ist im Allgemeinen glatt, doch kommen häufig schwache Einschnürungen und Wülste vor. An einigen Exemplaren finden sich zapfenförmige Ansätze. Ein vollständiger Kelch ist nicht erhalten, ein Querbruch aus unmittelbarer Nähe des Kelches ist flach, hat eine seitlich gebogene Septalfurche und einen mit hervorragenden Kerben versehenen Raud.

Die dünne Epithel zeigt äusserst feine, dicht stehende Anwachslinien, unter welchen die breiten Längsleisten nur undeutlich wahrzunehmen sind. Die Mauer hat eine Dicke von $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ mm. Die Septen sind verschiedener Ordnung. Diejenigen erster Ordnung haben unter sich einen Abstand von $1\frac{1}{2}$ —2 mm und ragen mit kaum $\frac{1}{2}$ mm Länge in den Visceralraum, dazwischen liegen Septen zweiter Ordnung, welche sich nur wenig von der Mauer abheben.

Die Böden nehmen den ganzen Visceralraum ein, aber für ihre Lage lässt sich keine allgemeine Norm aufstellen. Vorherrschend ist die horizontale Lage, allein viele Exemplare haben gebogene Böden und zwar vorzugsweise nach oben convexe, doch können auch convexe und concave Bodenlagen

¹⁾ Maurer, Kalk b. Greif. 1880. Seite 66. Taf. IV. Fig. 15.

an einem Individuum gleichzeitig vorkommen. Die Unregelmässigkeit kann noch grösser werden, und bilden dann die Bodenflächen gebogene und gebrochene Linien, welche den Rand nicht erreichen, diese Formen zeigen grosse Aehnlichkeit mit *Amplexus irregularis* Kayser¹⁾ aus dem Stringocephalenkalk von Brilon. (Der letztere scheint jedoch nach Zeichnung und Beschreibung eine besondere Art zu bilden, ausgezeichnet durch einfache Septenbildung.)

Wie die Lage, so ist auch der Abstand der Böden in verticaler Richtung bei den einzelnen Individuen eine ausserordentlich schwankende. Er bewegt sich in Abstufungen zwischen 3 und 12 mm. Die oberen Flächen der Böden zeigen Kerben, in unteren Flächen Rinnen. Kerben und Rinnen haben concentrische Lage und sind wie die Septen in zweifacher Ausbildung vorhanden. Während die Kerben der oberen Fläche zwischen den Septen auftreten, liegen die Rinnen der unteren Fläche genau in der Richtung der Septen und können als Fortsetzung derselben angesehen werden. Die längeren Kerben reichen bis über $\frac{1}{3}$ der Bodenfläche, mitunter sind sie bis zur Hälfte sichtbar und werden dann undeutlich, die kürzeren haben gewöhnlich nur 1—2 mm Länge. Ebenso verhält es sich mit den Rinnen, letztere sind in der Regel schärfer entwickelt und lassen sich die längeren öfter bis zur Mitte der Bodenfläche resp. bis zum Centrum deutlich erkennen.

In Bezug auf die Art der Fortpflanzung hat Herr Professor von Koch interessante Beobachtungen an unserer Art gemacht, welche in den Mittheilungen über die Structur von *Pholidophyllum Loveni* M. C. & H.²⁾ enthalten sind. Der Verfasser hat nämlich an einem kleinen Bruchstück die Fortpflanzung durch Knospung constatirt. Zwei junge Individuen entwickeln sich, angelehnt an die innere Mauerseite des Mutterstockes und mit letzterem die Hälfte der Wand gemeinsam habend. Die jungen Sprossen zeigen noch weiter den interessanten Vorgang, dass sie unter sich durch eine schmale Zone in Zusammenhang stehen, resp. miteinander verwachsen sind. Der beschriebene Vorgang ist um so bemerkenswerther, als er nicht vereinzelt dasteht. In meinem Besitz sind noch zwei andere Knospen, welche auf eine Länge von 4 cm in der Weise miteinander verbunden sind, dass die Hälfte der einen Seite oder ein Viertel des ganzen Umfanges jeder Knospe vollständig miteinander verwachsen sind, daneben kommen auch Einzelknospen vor.

Amplexus mutabilis findet sich häufig in den Kalken der Gruben Hainau und Rothe Erde.

¹⁾ Zeitsch. d. d. g. Ges. Bd. XXIV. 1882. S. 691.

²⁾ *Palaeontographica*. Cassel 1882. S. 219.

Bemerk. Die beschriebene Art der Fortpflanzung stimmt genau mit derjenigen bei *Calophyllum paucitabulatum* Schlüter¹⁾ überein, und wenn man weiter in Betracht zieht, dass der Abstand der Böden, welcher zwar im Allgemeinen bei *Calophyllum* etwas grösser ist, auch bei *Amplexus* die Zahl der Böden so gering werden kann, dass die Höhe der Bodenzwischenräume bedeutender ist, wie der Durchmesser der Koralle, so bleibt zur Unterscheidung der beiden Gattungen *Amplexus* und *Calophyllum* nur das Vorhandensein einer Septalfurche bei *Amplexus* übrig, welche nach Schlüter bei *Calophyllum* noch nicht nachgewiesen ist. Allein auch bei *Amplexus* ist dieselbe oft kaum erkenntlich entwickelt und würde darnach die Unterscheidung der beiden genannten Gattungen, insbesondere an Stücken ohne Kelch, oft unmöglich sein. In solchen Fällen würde das Vorhandensein von Kerben und Rinnen, welche, wie mir scheint, *Calophyllum* fehlen, zur Unterscheidung der beiden Gattungen dienen können. Die verschiedene Ausbildung der Kerben und Rinnen aber würde, wie bereits erwähnt, zur Unterscheidung der Arten verwendet werden können.

Amplexus immissus n. s.

Taf. I. Fig. 19, 20.

Der Stock ist einfach, nur in Bruchstücken erhalten, welche cylindrisch, von Bleistiftdicke und wenig unregelmässig gebogen, auf eine grosse Länge des Polypen schliessen lassen. Der Querschnitt ist fast kreisrund, die längere Axe hat 6 mm, die kürzere 5 mm, bei einer Länge des grösseren Bruchstückes von 4 cm. Die Oberfläche des Stockes zeigt kleine Unebenheiten, welche aus unbedeutenden, sehr flach wulstigen Anschwellungen bestehen. Die Epithek ist verhältnissmässig stark und hat ziemlich grobe Querstreifen; an den abgeriebenen Stellen treten einfache breite Längsstreifen auf. Der Kelch ist nicht erhalten.

Ein Querbruch zeigt 18 einfache Septen, welche nicht bis zum Centrum reichen, sondern $\frac{1}{3}$ des mittleren Raumes leer lassen. Die Septen haben gleiche Länge, in Folge dessen der mittlere Raum eine kreisrunde Fläche bildet.

Auf dem Längsschnitt bemerkt man Böden, welche bis zur Epithek reichen, und sich ziemlich regelmässig in einem Abstand von 2—2,5 mm folgen. Sie haben im mittleren Drittel der Fläche eine horizontale Lage, da wo die

¹⁾ Zeitschr. d. d. g. Bd. XXIII. 1881. S. 190.

Septen beginnen, biegen sie sich in einem stumpfen Winkel nach oben um. Der Punkt, an welchem der Boden den Aussenrand erreicht, liegt höher, wie die horizontale Fläche des folgenden Boden. Die einzelnen durch die Böden gebildeten Kammern erscheinen dadurch ineinander geschoben.

Auf einem Querschnitt verändert sich die Breite der mittleren horizontalen Fläche je nach der Stelle, ob in der Nähe oder entfernt von einem Boden der Schnitt ausgeführt worden ist. Unmittelbar über einem Boden wird der horizontale innere Theil die kleinste Fläche, unmittelbar unter einem Boden die grösste Fläche bilden. Kerben und Rinnen sind nicht vorhanden.

Bemerk. Die beschriebene Form wurde vorerst unter die Gattung Amplexus eingereiht, obgleich dieselbe eine von den vorherbeschriebenen Arten dieser Gattung sehr abweichende Ausbildung hat. Es fehlen ihr die für andere Arten dieser Gattung charakteristischen Kerben und Rinnen, während die Septen in einem eigenthümlichen Verhältniss zu den Böden stehen. Sie reichen nämlich genau bis zu demjenigen Theil der letzteren, welcher eine horizontale Lage einnimmt. Diese Art der Septenbildung theilt den Visceralraum im Querschnitt in zwei scharf geschiedene Zonen, welche bei keiner anderen Amplexus-Art beobachtet wird. Immerhin gehört unsere Art zu der mit vollkommenen Böden versehenen Gruppe der Diaphragmatica (Dybowski) und passt unter dieser noch am besten zu Amplexus, namentlich so lange die Unterschiede zwischen Amplexus und dem, wie bereits erwähnt, sehr nahe stehenden Calophyllum noch unklar sind. Nach Dybowski¹⁾ sollen sich beide Arten darin unterscheiden, dass Amplexus stark verkümmerte Längsscheidewände hat und beide Ordnungen gleich beschaffen sind, Calophyllum dagegen unvollkommen ausgebildete Längsscheidewände hat, diejenigen der ersten Ordnung nicht bis zum Centrum reichend, die der zweiten Ordnung von halber Breite der ersten; d. h. Dybowski macht Gattungsunterschiede, je nach der verschiedenen Breite der Längsscheidewände. Schlüter²⁾ dagegen legt Werth auf die Art der Fortpflanzung und das Vorhandensein einer Septalfurche, und nennt Calophyllum paucitabulatum eine Form aus der Eifel, welche nur rudimentär ausgebildete Septen hat. Dass die Fortpflanzungsweise letzterer Art mit derjenigen von Amplexus mutabilis übereinstimmend ist, wurde bereits erwähnt, eine Septalfurche lässt sich aber nur bei vollständig erhaltenen Korallen nachweisen. Ich möchte aber weder eine Unterscheidung von Gat-

¹⁾ Dybowski l. c. S. 118.

²⁾ Zeitschr. d. d. G. Bd. XXXIII. 1881. S. 79.

tungen nur auf die verschiedene Breite der Längsscheidewände gestützt gelten lassen, noch eine solche, welche von dem Vorhandensein einer Septalfurche abhängig ist.

Genus *Calophyllum* Dana.

Calophyllum serratum n. s.

Taf. I. Fig. 22.

Es ist nur das Bruchstück eines Stockes erhalten, welcher eine Einzelkoralle von spitzer, leicht gebogener Kegelform mit ovalem Querschnitt bildete. Der obere Durchmesser des Bruchstückes ist 4—3 cm, der untere hat 2,5—1,8 cm, bei einer Länge von 2,7 cm. Der Stock ist eingewachsen und deshalb die Beschaffenheit der Epithek unbekannt. Am Querschnitt beobachtet man zwei verschiedene Zonen, aus denen die Koralle zusammengesetzt ist. Eine äussere 5 mm dicke, $\frac{1}{3}$ des Raumes einnehmende, aus etwa 40 Septen erster und der gleichen Zahl zweiter Ordnung bestehend. Die Enden der Septen erster Ordnung ragen als kurze Spitzen, den Zähnen einer Säge ähnlich, in den Visceralraum, dazwischen liegen nur wenig kürzer die Septen zweiter Ordnung in gleicher Zahl. Der grössere innere Raum ist structurlos.

Am Längsschnitt sieht man, dass der innere Raum weit auseinanderliegende starke Böden hat. Auf einer Länge von 27 mm liegen 3 fast horizontale Böden in gleichen Abständen von 9 mm, von welchen nur der mittlere Boden vollständig erhalten ist, der den ganzen Visceralraum einnimmt. Die beiden anderen Böden sind an unserem Exemplar durchschnitten und in Folge dessen nur theilweise erhalten, sie nahmen ebenfalls den ganzen Visceralraum ein. Der mittlere Boden hat sich, wie am Längsschnitt sehr schön wahrzunehmen ist, in der Weise entwickelt, dass beim Anwachsen des Stockes eine gleiche Menge Kalkes zur Bildung des Bodens abgesetzt wurde, wie an der inneren Wandfläche des darüber liegenden äusseren, mit Septen erfüllten Theiles, so dass die über den Boden sich erhebende Wand um die Breite des Bodens an Dicke zugenommen hat. Der Boden ist in der Mitte schwach convex nach oben gebogen, auf beiden Seiten dieses Bogens liegen zwei kleinere Mulden, von denen aus der Boden an den Rand sich anlehnend wieder nach oben biegt. Er hat in der Mitte eine Breite von 4 mm, nach den Seiten nimmt er an Breite bis zu 1,5 mm ab.

Bemerk. Die beschriebene Koralle zeigt mehrere Eigenthümlichkeiten, welche die Bestimmung der Gattung einigermaßen schwierig machte. Es ist mir keine Art bekannt, an welcher die Böden in der beschriebenen Weise in den äusseren Theil des Stockes übergehen, ebensowenig ist mir eine zackenförmige Ausbildung der Septen an einer anderen Art bekannt. Dass diese Zacken am oberen Querschnitt nicht etwa die Nähe des Kelches andeuten, zeigt ihr Vorhandensein auch auf dem unteren Querschnitt. Diese Zacken erinnern an *Acanthodes*, allein der Längsschnitt zeigt, dass sie mit den dornigen Gebilden dieser Art nicht übereinstimmen. Am besten passt unsere Koralle unter die Gattung *Calophyllum* Dana, wie sie von Dybowsky¹⁾ begrenzt wird, ausgezeichnet durch Septen verschiedener Ordnung, welche nicht bis zum Centrum reichen, aber auch nicht randlich entwickelt sind, wie bei *Amplexus*, und durch Böden, welche die ganze Breite des Visceralraumes einnehmen. Es mag deshalb vorerst unsere Koralle der letzteren Gattung eingereiht werden. Aus dem Mitteldevon der Eifel hat Schlüter²⁾ eine Koralle beschrieben, welche als *Calophyllum paucitabulatum* bezeichnet wird. Mit dieser Art, welche auch sehr weit auseinanderliegende Böden hat, lässt sich unsere Koralle nicht vereinigen, denn an jener sind die Septen nur randlich entwickelt.

Genus *Zaphrentis* Raf.

Zaphrentis domestica n. s.

Taf. I. Fig. 23.

Ein in seiner äusseren Gestalt sehr unvollständig erhaltener Einzelpolyp lässt im Quer- und Längsschnitt seine innere Structur so ausserordentlich gut erkennen, dass eine Beschreibung desselben um so mehr Interesse bieten möchte, als er dem im deutschen Devon nur schwach vertretenen Genus *Zaphrentis* angehört.

Der Stock hat conische Form mit einer leichten Krümmung. Die Epithek ist nicht erhalten, ebensowenig der Kelch.

Der in der Nähe des Kelchbodens vorgenommene horizontale Querschnitt lässt sehr deutlich die Anordnung der Septen in vier Systemen erkennen. Das primäre Hauptseptum liegt merkwürdiger Weise senkrecht zur Krümmungsrichtung des Stockes, eine wohl seltene Erscheinung, indem bei den

¹⁾ Dybowsky l. c. Seite 118.

²⁾ Zeisch. d. d. G. Bd. XXXIII. 1881. S. 190.

meisten Arten die Hauptseptalfurche entweder auf der convexen oder auf der concaven Seite der Koralle liegt. Das in der Mitte der Furche gelegene Septum ist kurz und gehört der zweiten Ordnung an, um dasselbe gruppieren sich alternierend auf jeder Seite 10 grössere und 9 kürzere Zwischensepten. Im Ganzen ist eine fiederstellige Anordnung dieser Septen unverkennbar, insbesondere der in der Nähe der Septalfurche gelegenen, die entfernter liegenden neigen mehr zu radialer Anordnung. Die der Septalfurche gegenüberliegende Hälfte hat radialgeordnete Septen und gruppieren sich dieselben um ein der Septalfurche gegenüber liegendes Septum zweiter Ordnung in je 6 erster und je 6 zweiter Ordnung auf jeder Seite. Eine kleine Unregelmässigkeit zeigt sich darin, dass in zwei nebeneinanderliegenden, von Septen erster Ordnung (5, 6 und 10 der Abbildung) gebildeten Zwischenräumen, sich je zwei Septen zweiter Ordnung, von denen eines aber nur sehr schwach entwickelt ist, beobachten lassen. Als Seitensepten wird man der ganzen Anordnung der Septen nach, dem primären Hauptseptum entsprechend, welches aus einem Septum zweiter Ordnung sich entwickelt, zwei Septen zweiter Ordnung annehmen müssen und in der That ist auch das eine dieser ungewöhnlich stark entwickelt, stärker wie die anliegenden Septen erster Ordnung und deutlich bis zum Centrum sich verfolgen lassend. Sämmtliche bis zum Centrum reichende Septen sind mehr oder weniger um den gemeinsamen Mittelpunkt gedreht.

Die Querleisten bilden bis in die Nähe des Aussenrandes ziemlich regelmässig convex nach aussen gebogene Verbindungslinien. In der Nähe des Randes werden sie zahlreicher und unregelmässig angeordnet in der Weise, dass oft ein vollständig netzförmiges Gebilde entsteht. Ein genau in der Richtung der Septen liegender Längsschnitt lässt sich bei der unregelmässigen Stellung derselben nicht ziehen. Es lässt sich nicht vermeiden, dass einzelne Septen schräg durchschnitten werden. Wenn man sich ein getreues Bild des inneren Baues der Koralle machen will, ist bei Betrachtung des Längsschnittes auf diesen Umstand sehr Rücksicht zu nehmen. Die genau mit den Septen parallel laufenden Theile des Schliffes enthalten kleine ovale senkrecht stehende Blasen. Man kann annehmen, dass über $\frac{2}{3}$ des ganzen Visceralraumes mit diesen Blasen erfüllt ist, nur die obere Hälfte des mittleren Raumes hat trichterförmige Böden, deren Seiten von sehr unregelmässigen Linien gebildet werden.

Bemerk. Die beschriebene, durch die starke Windung ihrer Septen ausgezeichnete Art hat keine Aehnlichkeit mit durch Milne Edwards, Barrois

und Schlüter bekannt gewordenen mitteldevonischen Formen dieser Gattung. Die von Ludwig¹⁾ aufgeführte *Zaphrentis rostrata* aus dem Kalk von Hainau ist mir unbekannt.

Genus *Lophophyllum* M. Edwards & Haime.

Lophophyllum constrictum n. s.

Taf. I. Fig. 21.

Der Stock hat die Form eines kurzen, leicht gekrümmten Kegels von fast gleicher Höhe wie Breite. Die Epithek ist an unserem Exemplar abgerieben, man sieht nur schwach markirte Längsstreifen. Der Kelch ist mässig tief. Die ziemlich zahlreichen Septen haben scharfe Kanten. Das in der sehr flachen Hauptseptalfurche gelegene Septum verlängert sich bis in den Kelchgrund und schwillt in Form einer Schleife zu einem seitlich zusammengedrückten Mittelsälchen an, während der Kelchgrund sich um dasselbe ein wenig einsenkt. Auch das Gegenseptum liegt ein wenig vertieft, doch zeigt sich die Furche erst deutlich in der Nähe des Kelchrandes. Man zählt 22 Septen, von welchen sich je 6 um das Hauptseptum gruppieren und je 4 um das Gegenseptum. Die ersteren sind fiederstellig geordnet und nehmen die grössere Hälfte der Kelchgrube ein, sie sind scharfkantig und schmal, mit breiten Zwischenräumen; die letzteren sind zwar etwas abgerieben, sie scheinen jedoch auch im frischen Zustand breiter und durch schmalere Zwischenräume getrennt gewesen zu sein. Sie sind im Centrum in der Weise miteinander verwachsen, dass sie um die mittlere Einsenkung eine Wand bilden. Septen zweiter Ordnung sind nur randlich entwickelt. Die Länge des Stockes ist 8 mm, der Durchmesser des Kelches 6 mm, Tiefe desselben 3 mm.

Bemerk. Die Art bildet eine interessante Bereicherung der Korallen der Devonformation. Nach M. Edw. & H.²⁾ sind überhaupt mit Sicherheit erst zwei Arten dieser Gattung und zwar aus dem Kohlenkalk von Tournay bekannt, eine zweifelhafte Art ist *Anthophyllum bicostatum* Goldf. aus dem Eifelkalk, von welcher unser Exemplar jedoch sehr verschieden ist. Abgesehen von der bedeutenderen Grösse und den zahlreicheren Septen sind letztere leicht gewunden und vereinigen sich in einem flachen Kelchgrund, ohne eine eigentliche Schleife zu bilden.

¹⁾ Ludwig, Geol. Karte Gross. Hess. Gladenbach Seite 51.

²⁾ M. Edw. & H. Polyp-foss. S. 349.

Genus *Ptychophyllum* M. Edwards & Haime.*Ptychophyllum palmatum* n. s.

Taf. I. Fig. 24.

Ein Kalkbruchstück von 5 cm Höhe und Breite und doppelter Länge ist ganz erfüllt von einem asträoidisch gebildeten Stock, welcher aus 5 einzelnen Sprossen besteht, aus drei grösseren und zwei kleineren, von denen vier nebeneinander liegen und in einer Richtung gewachsen sind und deren Anwachsglieder in Verbindung stehen, der fünfte Sprosse unter einem stumpfen Winkel in entgegengesetzter Richtung entwickelt ist, trotzdem mit seinen oberen Anwachsgliedern mit den übrigen Sprossen in Zusammenhang zu stehen scheint. Der Stock ist nicht vollständig erhalten. Die einzelnen Sprossen haben Kreiselform mit seitlicher fächerartiger Ausbreitung. Die grösseren Sprossen besitzen eine Länge von 4 cm, mit einem unteren Durchmesser von 1 cm und einem oberen von 3—4 cm, die beiden kleineren Sprossen sind bedeutend kürzer mit einer oberen Weite von 2 cm.

Die blättrigen Anwachsglieder sind trichterförmig ineinander geschoben und bilden einen mittleren kegelförmigen und einen äusseren, nach oben sich immer mehr seitlich ausbreitenden Theil. Der Durchmesser des mittleren Theiles wächst auf 4 cm Länge von 1 cm auf 1,5 cm, die Anwachsglieder zeigen im Querschnitt das Bild von etwas unregelmässigen Jahresringen eines Baumes. Der äussere Theil breitet sich nach oben immer mehr aus, indem die nach aussen gerichteten Theile der Anwachsglieder sich den Blättern einer Palme ähnlich entwickeln, sie legen sich nämlich nicht regelmässig übereinander, sondern sind durch Zwischenlagen von Gesteinsmasse von einander getrennt.

Ob die Kelche vollständig erhalten sind, ist zweifelhaft, es scheinen sich vielmehr die oberen Lagen abgelöst zu haben. Die erhaltenen äusseren Flächen bilden mässig tiefe Gruben, auf deren Grund der mittlere kegelförmige Theil der Sprossen in concentrisch gelagerten Lamellen hervortritt, welche abgebrochen scheinen und welche von radialen Linien, den Septen, durchschnitten werden. Der äussere Theil der einem flachen Trichter gleichenden Kelchgrube hat einen umgebogenen Rand. Die einzelnen Sprossen stehen unter sich in eigenthümlicher Weise in Zusammenhang. Weder lassen sich regelmässige Grenzlinien erkennen, noch fliessen die einzelnen Lamellen ineinander und bilden eine Fläche. Es scheinen vielmehr die Enden der blattförmigen Anwachsglieder, welche, wie oben erwähnt, immer mehr oder weniger durch

Gesteinsmasse von einander getrennt liegen, sich in diejenigen der benachbarten Sprossen zwischenzuschieben. Die Septen erheben sich wenig über die Fläche, sind schmal, halten keine geometrisch genau radiale Richtung ein und sind durch concave Zwischenräume von durchschnittlich 1 mm grösster Breite von einander getrennt. Man zählt etwa 80 Septen, welche gleiche Abstände untereinander haben und einfacher Ordnung zu sein scheinen. Die nur an wenig Stellen erhaltene Epithek zeigt zahlreiche, dicht stehende, schmale Anwachswülste und feine Horizontalstreifen.

Bemerk. Das Genus *Ptychophyllum* ist bis jetzt in wenig Arten, vorzugsweise aus dem Silur, bekannt. Aus dem Devon kennt man zwei Arten, *Pt. expansum* M. Etlw. & H.¹⁾, von Néhou und *Pt. eifliense* Kayser²⁾, angeblich von Gerolstein. Unsere Koralle lässt sich mit keiner der bis jetzt bekannten Arten vereinigen. Die angeführten devonischen Arten sind Einzelkorallen, die Hainauer Art ist asträoidisch ausgebildet. In dieser Verschiedenheit liegt freilich kein Grund der Trennung. Beispielsweise wird *Pt. patellatum* Schloth. in der Literatur immer als Einzelkoralle bezeichnet und kommt anscheinend gar nicht so sehr selten auch in asträoidischen Stöcken vor.³⁾

Allein die Eifeler Art hat Septen verschiedener Ordnung, kurzhornförmigen Bau und soll von den bereits bekannten Arten durch das Fehlen einer deutlichen *Pseudocolumella* abweichen; *Pt. expansum* ist doppelt so breit wie hoch und kurz gestielt mit tief im Kelch liegender schmaler *Pseudocolumella*. Wenn nun auch an unserem Exemplar anscheinend kein Kelch vollständig erhalten ist, weil sich Bruchflächen im Innern der Kelchgruben zeigen, muss doch eine sehr entwickelte *Pseudocolumella* angenommen werden. Von beiden devonischen Arten unterscheidet sich aber *Pt. palmatum* durch seine ausgezeichnete blättrige Structur und Bogenform der äusseren Anwachsglieder. Letztere Eigenthümlichkeiten besitzt in ähnlicher Weise *Pt. patellatum*. Allein an der Gothländer Art sind die Grenzen der einzelnen Sprossen auf der äusseren Fläche des Stockes deutlich durch eine schmale Rinne bezeichnet, während bei *Pt. palmatum* eine Grenze nicht wahrzunehmen ist, vielmehr die Anwachsglieder der einzelnen Sprossen in einander zu wachsen scheinen.

¹⁾ *Polyp. foss.* S. 408, Pt. 8, F. 2, 2a.

²⁾ *Zeitsch. d. D. g. G.* 1879, S. 305, Taf. V, F. 5.

³⁾ Ein Expl. wird im Grossh. Museum zu Darmstadt aufbewahrt, ein zweites Expl. ist in meinem Besitz.

Genus *Cyathophyllum* Goldfuss.

Cyathophyllum ceratites Goldf.

Cyathophyllum ceratites Goldf. Petr. Germ. Taf. XVII. F. 2.

Reste, welche zu dieser Art zu rechnen sind, fanden sich nur wenige, schlecht erhaltene. Es sind Einzelkorallen verschiedener Grösse, von 2,5—4,5 cm Länge, kegelförmig, schwach gebogen, mit starker Epithek. Septen beider Ordnungen zahlreich und gleichmässig entwickelt. Im Längsschnitt erfüllt blasiges Gewebe den Visceralraum.

Im Mitteldevon der Eifel, England und Spanien verbreitet.

Cyathophyllum robustum n. s.

Taf. II. Fig. 1.

Die Beschreibung dieser neuen Art muss sich zwar auf die Theile eines Bruchstückes beschränken, allein dasselbe zeigt ein so gut charakterisirtes Gebilde, dass eine Beschreibung des erhaltenen Theiles wohl gerechtfertigt sein mag. Das Bruchstück gehört einer Einzelkoralle an, von cylindrischer Form und im Verhältniss zum Durchmesser ziemlicher Länge. Die Oberfläche hat sehr zahlreiche stärkere und schwächere Anwachswülste und Streifen, die Epithek dicht stehende, feinere und gröbere Anwachsstreifen, welche in Folge der unregelmässigen Oberfläche des Stockes keine gleichmässige horizontale Lage haben. Eine Längsstreifung ist nicht wahrzunehmen. Auf dem Querschnitt, welcher einen Durchmesser von 15 mm hat, fällt zunächst die starke Epithek von 0,5 mm auf, an diese lehnt sich die Wand von gleicher Stärke; die Epithek ist roth gefärbt, die Wand ist weiss und durch die verschiedene Färbung die Grenze scharf gezogen. Man zählt 26 Septen erster Ordnung, welche in etwas unregelmässigen Linien bis zum Centrum reichen. Eine gleiche Zahl Septen zweiter Ordnung ist nur rudimentär ausgebildet, sie erreichen nur eine Länge von 0,5—1 mm. Die zahlreichen Verticalleistchen bilden unregelmässige Linien, erst in der Nähe des Centrum nehmen sie eine mehr concentrische Lage an.

Auf dem Längsschnitt ist der ganze Visceralraum mit Blasen ausgefüllt, welche schief nach den Seiten gerichtet auf einander sitzen, nur in der Mitte bleibt ein kleiner Raum, in welchem dicht stehende horizontale Linien auftreten, gekreuzt von wenigen, einer verticalen Richtung folgenden Linien.

Die beschriebene Koralle ist ausgezeichnet durch die geringe Zahl der Septen und die rudimentäre Ausbildung derjenigen zweiter Ordnung.

Genus *Campophyllum* M. Edw. & Haime.*Campophyllum flexuosum* Goldf.

Taf. II. Fig. 2.

Cyathophyllum flexuosum Goldf. Petr. Germ. T. 17 F. 3.*Campophyllum flexuosum* M. E. & H. Polyp. foss. 8. 395 T. VIII F. 4.

Der Stock ist subcylindrisch und schwach gebogen. Ueber den durch Längsrinnen deutlich markirten Sternleisten liegt ein feiner Epithelalüberzug aus unregelmässig starken, fadenförmigen Anwachsstreifen bestehend. Der Querschnitt ist kreisrund. Auf demselben sind die zahlreichen Sternleisten, etwa 50, einfach, schmal, regelmässig radiär gestellt, und erreichen nicht die Mitte. Der innere Theil des Visceralraumes, etwa $\frac{1}{3}$ des letzteren, welcher von dem äusseren Theil durch keine scharfe Grenzlinie geschieden ist, wird von Böden ausgefüllt, welche auf dem Längsschnitt ziemlich gedrängt stehen, und eine unregelmässig horizontale Lage haben. An den Rändern spalten sich die Böden öfter in mehrere Linien, welche die Neigung haben, sich nach oben zu biegen, so dass mitunter eine mehr oder weniger nach oben concave Lage der Böden entsteht. Der Raum zwischen den Sternleisten ist mit Bläschen ausgefüllt, welche auf dem Querschnitt ziemlich regelmässige concentrische Linien bilden, auf dem Längsschnitt nach oben gestellte netzförmige Maschen darstellen.

Die beschriebene Art hat sich im Kalk der Grube Hainau und bei Kloster Altenburg gefunden.

Bemerk. Unsere Exemplare stimmen mit der Zeichnung bei Milne Edw. l. c. T. VIII F. 4, sowie mit Exemplaren aus der Eifel gut überein.

Campophyllum vituberans n. s.

Taf. II. Fig. 4.

Der Stock ist einfach, cylindrisch, mit ovalem Querschnitt. Der Kelch ist nicht erhalten. Der Stock erreicht, nach den zahlreichen Bruchstücken zu urtheilen, eine beträchtliche Länge. Ein Bruchstück von 12 cm Länge hat einen sich gleich bleibenden Durchmesser von 4 : 3 cm. Die Aussenwand zeigt eine grosse Zahl von mehr oder weniger starken Wülsten, welche mit stärkeren und schwächeren Einschnürungen abwechseln. Sie ist mit zahlreichen, feinen, fadenförmigen Epithelalstreifen bedeckt, unter welchen zahlreiche Längsstreifen in gleichmässigen Abständen sichtbar werden. Mitunter

haben Querstreifen und Längsstreifen gleiche Stärke und gleiche Abstände, und es entsteht dann eine sehr gleichmässige Gitterung der Oberfläche. Diese Beobachtung lässt sich nur dann machen, wenn der Epithelkalüberzug, wie an den meisten Exemplaren, nicht vollständig erhalten ist.

Aus einer grösseren Zahl von Querschnitten geht hervor, dass die Septenbildung eine sehr unvollkommene ist. Sie erstreckt sich über $\frac{2}{3}$ des Visceralraumes, und kann man etwa 80 einfache Septen annehmen, welche aber selten deutlich entwickelt sind, vielmehr besteht der Raum in der Regel nur aus welligen und zackigen Linien, welche im Ganzen concentrische Lage haben, aber nur ausnahmsweise eine so regelmässige Lage einnehmen, dass sie als Querleisten von Septen zu erkennen sind.

Eine eigenthümliche Erscheinung ist an einzelnen Querschnitten zu beobachten. Unabhängig von den erwähnten welligen und zackigen concentrischen Linien zeigt der ganze mit letzteren erfüllte Raum radiale Streifen, welche durch abwechselnd weisse und rothe Färbung der Masse entstehen und durch keine Linien abgegrenzt sind. Eine Erklärung dieser Erscheinung weiss ich nicht zu geben, es ist mir nie gelungen, beim Schleifen die Lage dieser Streifen mit derjenigen der concentrischen Linien in der Weise in Einklang zu bringen, dass letztere als Querleisten zwischen den Streifen erscheinen, wohl aber ist zweifellos, dass die rothen Streifen der Lage der Septen entsprechen, denn sie liegen in der Richtung der Längsstreifen der Aussenwand, während die hellen Streifen die Zwischenräume ausfüllen. Der mittlere Raum des Querschnittes enthält wenige unregelmässige Linien, hervorgerufen durch die unregelmässige Lage der quergeschnittenen Böden.

Auf dem Längsschnitt ist $\frac{2}{3}$ des äusseren Visceralraumes mit Blasen erfüllt, welche steil nach oben mit einer Neigung nach der Wand gerichtet sind. Dazwischen eingebettet finden sich Stellen, an denen Linien auftreten, welche eine den Blasen entgegengesetzte, schief nach unten gerichtete Lage haben, ziemlich parallel laufen und durch Querlinien verbunden sind. Diese Theile des Längsschnittes gleichen sehr einem Horizontalschnitt von durch Querleistchen verbundenen Septen. Man muss deshalb annehmen, dass an unserer Art die Septen eine grosse Neigung besitzen, sich in einer der gewöhnlichen entgegengesetzten Richtung auszubilden, und dann findet man auch eine Erklärung dafür, dass auf einzelnen Querschnitten bisweilen auf der ganzen Fläche, bisweilen nur an einzelnen Stellen, keine Septen zu beobachten sind.

Das mittlere Drittel des Längsschnittes ist mit Böden erfüllt, welche

sehr dicht gedrängt liegen und eine sehr unregelmässige Richtung einhalten. Convexe, concave und zackige Linien wechseln miteinander ab und sind am Rand oft noch durch kürzere Linien untereinander verbunden.

Die beschriebene Art wurde in mehreren Exemplaren im Kalk der Grube Hainau gefunden.

Bemerk. Unsere Koralle steht der vorherbeschriebenen Art sehr nahe, muss jedoch in Rücksicht auf verschiedene constant bleibende Abweichungen als eine selbständige Art betrachtet werden. Die Unterschiede sind folgende: Unsere Koralle erreicht grössere Dimensionen. Der Querschnitt bildet ein Oval, der von *C. flexuosum* ist kreisrund. Die Zahl der Septen ist bei der ersteren Art ungefähr 80, bei letzterer ungefähr 50. Bei *C. vituberans* haben die Septen nicht immer eine regelmässig radiale Lage, in vielen Fällen sind dieselben auf dem Querschnitt überhaupt nicht zu beobachten, während auf dem Längsschnitt parallel laufende Linien vorkommen, welche zweifellos als Querschnitte durch unregelmässig gebildete Septen anzusehen sind.

Campophyllum turbatum n. s.

Taf. II. Fig. 10.

Im Kalk der Grube Hainau fand sich das Bruchstück eines kleinen subcylindrischen Stockes von 20 mm Länge und 10 mm Durchmesser, dessen Aussenfläche bereits angewittert ist, und unter der Epithek eine verhältnissmässig geringe Zahl von ungefähr 40 Septen erkennen lässt. Am Querschnitt haben diese Septen keine vollkommen regelmässige radiale Anordnung und erstrecken sich nur auf eine Entfernung von 1,5–2 mm in den Visceralraum. Auf dem Längsschnitt ist dieser von Septen eingenommene Theil mit groben Blasen erfüllt. Der übrige Theil des Visceralraumes hat Böden, welche sich in Abständen von 1–2 mm folgen, und deren Lage im Ganzen eine horizontale ist. Es kommen jedoch auch schwach gebogene Böden vor und einige wenige zwischenliegende kürzere, welche sich in spitzem Winkel auf den früheren Boden auflegen. An einzelnen Stellen treten die Blasen des äusseren Raumes anscheinend vollständig zurück und erstrecken sich die Böden bis zum Aussenrand.

Bemerk. Die beschriebene Art ist durch die Grösse der Blasen des äusseren Theiles des Visceralraumes und durch die geringe Zahl der Böden von allen anderen Arten dieser Gattung ausgezeichnet und obwohl unsere Koralle im Längsschnitt, in der geringen Zahl der Blasen grössere Aehnlich-

keit mit der Gattung *Donacophyllum* zeigt, liegt doch in der Kürze der Septen und in der keine eigentliche Zone bildenden Lage der Blasen mehr Veranlassung, sie unter *Campophyllum* einzureihen.

Genus *Fascicularia* Dybowski.

Fascicularia caespitosa Goldf.

Taf. II. Fig. 9.

Lithodendron caespitosum Goldf. Petr. Germ. 8. 44. T. 13. F. 4.

Fascicularia caespitosa Schlüter, Zeit. d. geol. Ges. 1881, S. 103. T. 9. F. 6. 7.

Fascicularia Kunthi Dames. Dybowski, Z. d. geol. Ges. 1873, S. 406. T. 13. F. 3 u. 4.

In unserem Gebiet finden sich häufig Bruchstücke einer kleinen langcylindrischen Koralle, welche in das Gestein eingelagert sind, in Folge der begonnenen Verwitterung sich nicht loslösen lassen und eine vollständige Untersuchung sehr erschweren. Aus einer grösseren Zahl von Schlifften geht jedoch hervor, dass diese Bruchstücke sämmtlich der angeführten Art angehören, obwohl die verschiedenen Präparate nicht nur einzelne Verschiedenheiten unter sich, sondern auch gegenüber den bisherigen Beobachtungen zeigen. — Als normale Form lässt sich diejenige betrachten, deren Cylinder einen Durchmesser von 4—6 mm hat, im Längsschnitt einen grösseren, mit Böden ausgefüllten inneren Raum und einen schmalen, aus zwei Zonen bestehenden äusseren Raum zeigt. Die Böden liegen ziemlich dicht aufeinander, ohne gleichmässig parallele Lage, am Rande findet manchmal gabelförmige Theilung statt. Von den Lamellen des äusseren Raumes besteht die innere schmalere Reihe aus Blasen mit schwach nach oben gekrümmter Oberfläche, die äussere Reihe hat breite Lamellen mit horizontaler Lage. Der Querschnitt zeigt zwei kreisförmige Linien nahe der Peripherie und 16 Septen erster, die gleiche Zahl zweiter Ordnung, erstere reichen nicht bis zum Centrum, letztere sind auf die äussere Zone beschränkt.

Abweichungen von der beschriebenen Ausbildung entstehen nun vorzugsweise dadurch, dass die Interseptallamellen sich nicht so gleichmässig zu zwei Zonenreihen entwickeln, wie sie für die Art charakteristisch angesehen werden. Man kann an mehreren Schlifften beobachten, dass nur eine schmale Zone vorhanden ist, die andere fehlt oder vielmehr verkümmert ist und an die Stelle der Lamellen Blasen treten. Diese Blasen können mehr oder weniger zahlreich erscheinen und verändern, zumal wenn auch die Septen von der

regelmässigen Richtung abweichen, die Structur des Stockes in einer Weise, dass die typische Form kaum wieder zu erkennen ist. An einem Querschnitt ist die zweite Lamellenreihe nur theilweise verkümmert, an Stelle der Lamellen treten zwischen den Septen einzelne Blasen auf. An anderen Schnitten ist die zweite Lamellenreihe vollständig verkümmert, mitunter auch theilweise die Septen. Mit diesen Verschiedenheiten am Querschnitt ist aber auch immer ein vollständig verändertes Bild des Längsschnittes verbunden. Auf dem Längsschnitt eines Stockes hat der untere Theil ausser der schmalen Zone an der Peripherie den ganzen Visceralraum einnehmende Böden, am mittleren Theil ist dieser Raum vollständig mit Blasen erfüllt und der obere Theil des Visceralraumes hat Blasen auf den Seiten und Böden in der Mitte.

Es mag sein, dass das zuletzt beschriebene Exemplar eine von der normalen besonders abweichende Ausbildung hat, allein Schlüter erwähnt (l. c. S. 103) auch an Eifeler Exemplaren das Vorkommen von Blasen gewöhnlicher Form zwischen den Böden und der äusseren Zone, ohne deshalb die Art in Zweifel zu ziehen, und wenn Schlüter glaubt, die *F. caespitosa* von der *F. Kunthi* trennen zu müssen, weil an ersterer Art die Septen nicht völlig das Centrum erreichen, so kann sich diese Folgerung nur auf die von ihm untersuchten Exemplare beziehen. Es liegen mir Präparate aus der Eifel vor, an welchen die Septen nicht nur bis zur Mitte reichen, sondern einzelne davon genau wie an Oberkuzendorfer Exemplaren (vergl. l. c. Taf. XIII. F. 4) im Centrum sich schleifenförmig umbiegen. Die beiden Formen können daher, wie mir scheint, nicht getrennt werden.

Genus *Actinocystis* Lindström.

Actinocystis inflata n. s.

Taf. II. Fig. 3.

Der Beschreibung und Abbildung dieser Art liegt zwar nur ein Bruchstück zu Grunde, ein Anschliff desselben zeigt jedoch die innere Structur der Koralle in so ausgezeichneter Weise, dass selbst eine theilweise Beschreibung wohl gerechtfertigt sein möchte.

Das Bruchstück hat einen kreisrunden Durchmesser von 5,5 cm und eine Länge von 5 cm. Nach der Grösse des Durchmessers zu schliessen, erreichte diese Art grosse Dimensionen, und scheint als Einzelkoralle von

cylindrischer Form existirt zu haben. Wülste und Einschnürungen scheinen ganz zu fehlen, die an einzelnen Stellen erhaltene Epithel bildet eine verhältnissmässig dünne Lage mit regelmässigen groben Anwachsstreifen.

Ein Horizontalschnitt zeigt, dass die Koralle aus zwei verschiedenen Zonen besteht, einem äusseren, aus Blasengebilde zusammengesetzten Raum, und einem inneren, aus Septen bestehenden, welche jedoch nicht bis zum Centrum reichen. Von der schmalen, etwa 0,5 mm starken Wand laufen in ein wenig unregelmässigen Abständen in mehr oder weniger radialer Richtung rudimentäre Septen aus, welche kaum 2 mm lang sind und in fadenförmige Linien übergehen, welche die Umrisse grösserer und kleinerer Blasen bilden. Wie die Grösse ist auch die Form der Blasendurchschnitte eine ganz unregelmässige, man sieht gerundete und eckige, kleinere werden von grösseren oft gänzlich eingeschlossen. In einer Entfernung von 10 mm vom Rand werden die Blasen kleiner und nehmen stellenweise eine mehr regelmässige Lage an, welche in fast concentrisch geordnete Längslinien und unregelmässige Querlinien und damit in eigentliche Septen übergehen. Diese kommen jedoch nicht zu vollkommen regelmässiger Ausbildung. Weder zeigen sie eine genau concentrische Anordnung, sie sind gewunden und gebogen, noch gleiche Abstände; auch die Querleisten, welche sehr dicht stehen, bestehen aus unregelmässigen, vorherrschend concav nach innen gerichteten, theils bogigen, theils gebrochenen Linien. An mehreren Stellen tritt die Septenbildung ganz zurück, man sieht nur ein Gewirr von zackigen Linien, welche mehr oder weniger concentrische Richtung einhalten. Diese Linien sind als die Querleisten nicht entwickelter Septen zu betrachten, denn durch einen weiteren Querschliff konnte festgestellt werden, dass in der Verlängerung dieses Theiles der Koralle wieder deutliche Septen als regelmässig radial laufende Linien auftreten, zwischen welchen die erwähnten unregelmässigen Querleisten liegen. Im centralen Visceralraum verschwinden die zahlreichen, durch Septen und Blasen gebildeten Linien fast vollständig. Nur wenige unregelmässige Linien erreichen das Centrum und bilden grosse Blasen, ähnlich denen an der Peripherie.

Ein Längsschnitt zeigt, dass der ganze Visceralraum mit Blasen erfüllt ist. Zunächst am Rand bilden gerundete, schief nach aussen gestellte Linien den Durchschnitt grosser Blasen, daran schliessen sich kleinere, steiler aufgerichtete Blasen, im centralen Theil nehmen die Blasen wieder an Grösse zu. An dem zur Abbildung gebrachten Längsschnitt erweitert sich der centrale, mit grösseren Blasen versehene Theil der Koralle nach oben so rasch, dass ein Bruchstück aus der Nähe des Kelches vorzuliegen scheint.

Der abgebildete Querschnitt ist von einer Stelle genommen, welche 5 cm tiefer liegt.

Bemerk. Schlüter¹⁾ beschreibt unter der Gattungsbezeichnung *Actinocystis*, welche von Lindström an Stelle von *Spongophylloides Meyer* vorgeschlagen wurde, mehrere neue Korallen der Eifel, deren Septen nicht bis zur Aussenwand reichen und deren Visceralraum mit Blasen ausgefüllt ist. Dieser Gattung gehören die grössten Einzelkorallen der Eifel an, und auch unser Exemplar ist das Bruchstück der grössten Koralle unseres Kalkes. Unter die durch Schlüter¹⁾ und Schulz²⁾ bekannt gewordenen Arten der Eifel scheint dieselbe jedoch nicht zu gehören. *Actinocystis inflata* zeichnet sich durch die Grösse ihrer Blasen und die Verkümmernng ihrer Septen aus.

Genus *Cystiphyllum* Lonsdale.

Cystiphyllum vesiculosum Goldf.

Taf. II. Fig. 6.

- Cyathophyllum vesiculosum* Goldf. Petr. Germ. S. 58. T. 17. F. 5.
Cystiphyllum vesiculosum M. E. & H. Br. foss. Cor. S. 243. T. 56. F. 1.
Cystiphyllum vesiculosum Quenstedt, Petr. Deutschl. S. 472. T. 159. F. 4—13.

Zu dieser Art zählen mehrere, mehr oder weniger gut erhaltene Korallen von verschiedener Form und Grösse. Die grössere Zahl ist subcylindrisch, nur wenig gebogen mit schwachen Anwachs wülsten und Einschnürungen. Der Durchmesser schwankt zwischen 12 mm und 4 cm. Ein Exemplar von nur 10 mm Durchmesser biegt sich knieförmig um, ähnlich dem Exemplar, welches bei Quenstedt (auf T. 159 F. 6) von Gerolstein (Eifel) abgebildet ist. An Stelle der Vertiefung an jenem Exemplar zeigt sich hier ein zapfenförmiger Wulst. Der Kelch ist an keinem Exemplar erhalten.

Die Wand ist stark, die Epithek hat dicht stehende Anwachsstreifen. An einem Exemplar zeigen sich unter der abgeriebenen Epithek Längsstreifen, welche zu je 2 ein wenig dichter zusammenstehen, und als rudimentäre Bildungen von Septen verschiedener Ordnung anzusehen sind. Zwischen diesen Längsstreifen liegen dicht stehende horizontale Streifen, welche der Fläche ein gitterartiges Ansehen geben. Die Längsstreifen dringen jedoch nicht in

¹⁾ Verhandl. d. nat. Verein, Jahrgang 39. Seite 205.

²⁾ Schulz, Eifelkalkmulde von Hillesheim, S. 82.

den inneren Raum, dessen Blasenbildung vollständig unabhängig von diesen Streifen ist.

Der ganze Visceralraum ist mit Blasen von ungleicher Grösse angefüllt, deren Durchmesser zwischen 1 und 5 mm schwankt. Auf der Oberfläche der Blasen beobachtet man mitunter radiale Kerben. Auf dem Längsschnitt haben die Blasen eine vorherrschend trichterförmige Lage.

Vorkommen: Grube Hainau und bei Kloster Altenburg.

Bemerk. Die hier gefundenen Exemplare zeichnen sich gegenüber den Vorkommen der Eifel, wie mir scheint, durch die Grösse ihrer Blasen aus. Die erwähnte Längsstreifung lässt sich auch an Eifeler Exemplaren beobachten. Quenstedt¹⁾ bildet (T. 159. F. 23) eine solche ab und bemerkt dazu, dass dieselbe ohne Zweifel auf die letzten Spuren von Wirtellamellen hindeute. Diese Längsstreifen werden jedoch erst dann sichtbar, wenn die Epithek durch die eingetretene Verwitterung gelitten hat und ist offenbar als eine verkümmerte, auf die Wand beschränkte Septenbildung anzusehen, welche wahrscheinlich nur in Folge der Verwitterung der Epithek zum Vorschein kommt. Ähnliche Streifen treten in radialer Anordnung mitunter in Kelchen oder auf der Oberfläche der Blasen im Stock auch an anderen Arten dieser Gattung auf. So an *Cystiph. ves. constructum* Quenst.²⁾ und an *Cystiph. pseudoseptatum* Schulz³⁾. Diese Streifen sind eine den Kerben gewisser *Amplexus*-Arten ganz analoge Erscheinung, sie laufen dort über Blasen und hier über die obere Bodenfläche und lässt sich jede Spur derselben durch Schliff beseitigen. Sie deuten möglicher Weise die Lage nicht verkalkter Septen an.

Cystiphyllum vesicosum n. s.

Taf. II. Fig. 7, 8.

Der Stock bildet eine Einzelkoralle von kleinen Dimensionen. Er ist nicht mehr vollständig erhalten, Kelch und Basis fehlen, der Rest ist langgestreckt, subcylindrisch, schwach gebogen oder gerade, mit schwachen Anschwellungen. Die Breitezunahme ist unbedeutend. Bei einer Länge von 30 mm ist die untere Breite 6 mm, die obere 9 mm. Der Querschnitt ist kreisförmig bis schwach oval. Die Wand ist ungewöhnlich stark, sie hat im Querschnitt eine Breite von 0,5 mm.

¹⁾ l. c. Seite 482.

²⁾ l. c. Seite 473.

³⁾ Schulz, Eifelkalkmulde v. Hillesh.

Die Epithek hat zahlreiche, ungleich starke horizontale Anwachsstreifen; ist die Aussenseite abgerieben, so zeigen sich zahlreiche starke Längsstreifen, welche, wie schon bemerkt, als Rudimente von Septen anzusehen sind. Zwischen stärkeren liegt mitunter ein schwächerer Längsstreifen, und kann man wohl daraus auf Septenbildung verschiedener Ordnung schliessen. Zwischen den Längsstreifen sieht man dichtstehende horizontale Streifen, welche mit den Epithekstreifen in eine Linie zusammenfallen. Sie kreuzen die Längsstreifen im rechten Winkel und bilden damit ein regelmässiges Gitterwerk. Auch die innere Fläche der Wand hat, wie man an angewitterten Exemplaren beobachten kann, wie die Epithek horizontale Anwachsstreifen, und, wie besonders bemerkt werden muss, keine Längsstreifen. Das Auftreten von Septenrudimenten ist demnach auf den inneren Theil der Wand beschränkt, sie stehen in keiner Relation zu dem Visceralraum. Der letztere ist mit ungewöhnlich grossen Blasen erfüllt. Bei einem mittleren Durchmesser des Stockes von 7,5 mm liegen nicht mehr wie 3—4 ungleich grosse Blasen nebeneinander. Einzelne Blasen zeigen concentrische Kerben. Ein Längsschnitt zeigt, dass der ganze Raum von zwei Blasen erfüllt sein kann, und wenn eine übereinanderliegende Blasenreihe mehr wie die nebenliegende in horizontaler Richtung sich ausbreitet, kann man versucht sein, Bodenbildung statt Blasenbildung für die Koralle anzunehmen, um so eher, je gleichmässiger die Blasen übereinander liegen.

Bemerk. Unsere Art, welche in mehreren Exemplaren im Kalk der Grube Hainau und bei Altenberg gefunden wurde, unterscheidet sich von der vorherbeschriebenen durch ihre Kleinheit, ihren schmalen lang cylindrischen Bau und die ungewöhnliche Grösse ihrer Blasen. Letztere können als Uebergangsglieder der Blasenbildung zur Bodenbildung betrachtet werden und zeigen deutlich, dass die Gattungen *Cystiphyllum* und *Amplexus* sich sehr nahe stehen. Die oben erwähnte Gitterung der Wand, welche durch die Kreuzung von Längsstreifen mit Horizontalstreifen veranlasst wird, und an ihrer Epithek beraubten Exemplaren zum Vorschein kommt, ist auf einen eigenthümlichen Verwitterungszustand zurückzuführen, welcher sich mitunter auch an Exemplaren des *Amplexus mutabilis* beobachten lässt, gleichwie die Grübchen der *Ampl. stigmatophorus* Sandb.¹⁾ auf dieselbe Weise zu erklären sind. Auch angewitterte Exemplare von *Campophyllum* zeigen diese Erscheinung, welche demnach keine Artenunterschiede bezeichnen kann.

¹⁾ Sandb. Rhein. Sch. Nass. S. 413. T. 35. F. 14.

Genus *Calceola* Lamark.

Calceola sandalina Lam.

Taf. II. Fig. 11.

Calceola sandalina, Kunth, Zeitsch. d. d. g. G. 1869. S. 647. T. 19. F. 1—13.

Die hier gefundenen Exemplare dieser Art sind in Bezug auf Grösse und Form vollständig übereinstimmend mit den typischen Vorkommen der Eifel. Es finden sich solche mit vorherrschender Breite und andere mit vorherrschender Länge, letztere schwankt zwischen 15—35 mm. Die Verwitterung ist oft weit vorgeschritten, in Folge dessen es gelang, aus einem Exemplar einen Steinkern zu präpariren, welcher ziemlich deutlich einen vollständigen Abdruck der Kelchgrube geliefert hat, deren Beschreibung hier folgen soll.

Die in der Mitte des gewölbten Theiles der Kelchgrube liegende Septalfurche ist flach, nur die im Kelchgrund gelegene lanzetförmige Spitze senkt sich etwas tiefer ein. In der Mitte der Furche liegt ein Septum zweiter Ordnung, eingeschlossen von zwei Septen erster Ordnung, welche bis zum Kelchgrund sich erstrecken, während ersteres ein wenig kürzer ist. Ueberhaupt reichen die Septen erster Ordnung bis zum Kelchgrund, diejenigen zweiter Ordnung nur bis zur Mitte der Kelchgrube. Eine durchgängig fiederstellige Anordnung der Septen der gewölbten Seite, wie sie Kunth an Anschliffen der Aussenseite beobachtete, ist nicht wahrzunehmen. Nur die der Septalfurche zunächst liegenden Septen sind kurz und fiederstellig, die übrigen reichen bis zum Kelchgrund.

Die flache Seite der Kelchgrube ist an unserem Exemplar weniger gut erhalten und lässt sich an gut erhaltenen Eifeler Exemplare oft besser beobachten. In der Mitte der flachen Seite liegt das Gegenseptum in einer sehr flachen Furche, welche beiderseits von einem schwachen Wulst eingeschlossen ist. Die Furche ist deutlicher am Kelchrand und verschwindet nach unten fast vollständig, während im Kelchgrund der Wulst mehr hervortritt. Man sieht deutlich die radiale Anordnung der Septen dieser Seite, wie sie sich um das Gegenseptum gruppiren und in der Nähe der Ecken der Grenze zwischen den beiden Systemen, resp. die an die Seitensepten sich in fiederstelliger Anordnung anlehenden Septen.

Calceola sandalina findet sich mässig häufig im Kalk der Grube Hainau.

Bemerk. In Bezug auf die Lage der Seitensepten wurde an unserem Steinkern eine von der bisherigen Annahme abweichende Beobachtung insofern gemacht, als die Seitensepten nicht in den Ecken der Kelchgrube liegen, sondern auf der flachen Seite, etwa 5 mm von den Ecken entfernt am Rand beginnen und von da in gerader Linie nach dem Kelchgrund laufen.

Nach den Beobachtungen von Kunth enden die Seitensepten an der convexen Seite der Mündung, etwas von den Ecken entfernt, demnach auf der entgegengesetzten Seite wie an unserem Steinkern. Dem gegenüber wäre zu beachten, dass Kunth seine Untersuchungen auf der Aussenseite des Stockes an Schliffris und Aetzungen ausgeführt hat. Auch ist nicht unmöglich, dass die Lage der Seitensepten eine schwankende ist und bald auf der concaven, bald auf der convexen Seite der Kelchgrube sich findet. An gut erhaltenen Eifeler Exemplaren kann man jedoch leicht dieselbe Lage wie die hier beobachtete erkennen und besteht demnach kein Unterschied zwischen den hiesigen und den typischen Formen.

Genus Pachypora Lindström.

Pachypora cervicornis Blainv.

Taf. II. Fig. 5.

Calamopora polymorpha, var. *ramosa divaricata* Goldf. Petr. Germ. 8. 79. T. 27. F. 3, 4.
Favosites cervicornis M. Edw. & H. Br. foss. Cor. 8. 216. T. 48. F. 2.

Diese Art hat sich zwar in zahlreichen Bruchstücken gefunden, allein letztere sind grösstentheils schon stark verwittert. Der Durchmesser der ästigen und verzweigten Stöcke schwankt zwischen 5 und 10 mm. Die Zellen sind kantig mit nach aussen zunehmender Weite. Die Wände sind von zahlreichen Poren durchbohrt, an einzelnen Stellen bemerkt man deutliche Längsstreifen. Der mittlere Durchmesser der Zellen ist 1 mm, die Böden sind nicht sehr zahlreich.

Grube Hainau, Kloster Altenberg.

Bemerk. Die beschriebene Art ist als Leitfossil für die mitteldevonischen Kalke Europas zu betrachten. Sie findet sich in der Eifel, bei Villmar, in dem Harz, in Belgien, Frankreich, Spanien und England.

Classe Hydromedusae.

Ordnung Hydroida.

Genus Stromatopora Goldfuss.

Unter den fossilen Resten, welche der Kalk unseres Gebietes enthält, boten die zur Ordnung der Hydroiden gehörenden Formen einige Schwierigkeiten, nicht sowohl in Bezug auf die Untersuchung ihres Baues, als in Bezug auf ihre sichere Bestimmung und Eintheilung unter bereits bekannte Arten. Bei dem Erhaltungszustand der Versteinerungen war nur in einzelnen Fällen eine Untersuchung der äusseren Gestalt und der Oberflächenbeschaffenheit möglich, eine mikroskopische Untersuchung des Skeletes an Dünnschliffen war ausgeschlossen, es konnten nur die makroskopischen Theile der vielfach nur aus Bruchstücken bestehenden Exemplare untersucht und verglichen werden.

Wenn somit in verschiedener Richtung nur unvollständige Untersuchungen ausgeführt werden konnten, scheint mir diese Unvollständigkeit doch nicht von grosser Relevanz zu sein, weil sie sich auf Theile beschränkt, welche, wie ich glaube, nicht als wesentliche zur Unterscheidung der Arten angesehen werden können. Die durch den Erhaltungszustand der Versteinerungen bedingte Methode der makroskopischen Untersuchung des Skeletes scheint mir zu dem Ergebniss geführt zu haben, dass die bisher vielfach zur Begrenzung der Arten benutzte äussere Gestalt keine sichere Bestimmung zulässt. Ebenso wenig wie Knollenform oder Krustenbildung zur Charakteristik verschiedener Arten verwendbar sind, kann die Verschiedenheit der Höckerbildungen allgemein dazu benutzt werden. Selbst in Bezug auf den inneren Bau scheint mir das Vorhandensein oder Fehlen von Astorhizen, und ebenso wenig das Vorkommen von Querböden in letzteren zur Unterscheidung der Arten verwendbar zu sein. Möglich, dass die Canäle nur dazu dienten, die Ernährungsfähigkeit des Stockes zu vermehren, je nach Bedürfniss war die Bildung von Canälen eine mehr oder weniger zahlreiche, oder unterblieb auch ganz. Allein mit Sicherheit benutzbar möchte der Bau des eigentlichen Skeletes sein, die Anwendung einer anderen Methode würde dazu geführt haben, eine gewisse Zahl untersuchter Formen in mehrere Arten zu zerlegen, eine andere Zahl wegen Unkenntniss der Oberflächenbeschaffenheit von der Beschreibung ganz auszuschliessen.

Obgleich Goldfuss die Natur der unter Stromatopora zusammengefassten Versteinerungen nicht kannte, vielmehr nur die Mannigfaltigkeit der äusseren Gestalt derselben, scheint doch sein Scharfblick im Ganzen das Richtige getroffen zu haben, wenn er sagt: „dass es ein und derselbe Körper sei, welcher alle diese verschiedenen Formen annimmt, zeigen die zahlreichen Uebergänge von der einen zu der anderen, so dass man willkürliche Grenzen feststellen müsste, wenn man sie als verschiedene Arten betrachten wollte.“ — Zur Grundlage der vergleichenden Untersuchungen der Hydroiden unseres Kalkes diene die interessante und umfassende Arbeit von A. Bargatzky¹⁾, welche sich die Untersuchung der Hydroiden des Kalkes der Eifel und von Paftrath zur Aufgabe gestellt hat. Wenn jedoch der Verfasser nicht weniger wie 17 Species unterscheidet, so vermag ich nach dem Vorhergesagten seiner Begrenzung der Arten nicht unbedingt zu folgen, und werden sich die auf verschiedener Grundlage beruhenden Abweichungen aus nachfolgender Beschreibung der Arten ergeben.

Stromatopora concentrica Goldf.

Taf. II. Fig. 12, 13.

<i>Str. concentrica</i>	Goldf. Petr. Germ. Taf. VIII. F. 5.
> <i>polymorpha</i>	> > Taf. LXIV. F. 8. a. b. c. d. e.
<i>Tragos capitatum</i>	> > > Taf. V. F. 6.
<i>Str. concentrica</i>	Saundb. Rheiu. Sch. Nass. 8. 28. Taf. 37. F. 9.

Von dieser Art fanden sich mehrere grössere und kleinere Bruchstücke, deren Oberfläche nicht erhalten, die ursprüngliche äussere Form daher nicht mit Sicherheit festzustellen ist. Ein günstiger Verwitterungsprocess zeigt jedoch bei Anschliffen die innere Structur, weniger die mikroskopische, aber desto besser die makroskopische in ausgezeichneter Weise. Da übrigens die einzelnen Exemplare keinen vollständig übereinstimmenden Bau haben, ist es zweckmässig, zwei derselben getrennt zu beschreiben.

Der eine Körper hat Eiform von 11 cm Länge und 8 cm Breite. Im Längsschnitt erkennt man, dass eine Stromatopora eine Koralle vollständig umwachsen hat. Die Lage der horizontalen Lamellen ist anfangs genau an die äussere Form der Koralle gebunden und wird nach und nach eine vollständig concentrische. Die verticalen Pfeiler haben eine von der Koralle ausstrahlende Richtung und kreuzen die Lamellen in rechtem Winkel, wodurch

¹⁾ Bargatzky, die Strom. d. rhein. Devon, Verh. d. nat.-hist. Ver. 1881. S. 233.

ein ziemlich regelmässiges Gitterwerk gebildet wird. Unregelmässigkeiten entstehen da, wo Kanäle auftreten. An diesen Stellen ist das Wachstum der Pfeiler unterbrochen, es zeigen sich Querkanäle, welche die interlamellaren Räume erweitern und von denen mitunter mehrere durch die horizontalen Lamellen getrennt übereinander liegen. Das Skelet ist ziemlich fein, jedoch mitunter an demselben Stock etwas ungleichmässig stark ausgebildet. Durchschnittlich kommen 7 Lamellen oder 6 Pfeiler auf 1 mm. Die Länge der Pfeiler ist ausserordentlich verschieden, sie erstrecken sich über einen oder zwei und so fort bis zu 20 Interlaminarräume. Auf einem Längsschnitt, welcher zugleich die umwachsene Koralle getroffen, liegen die Lamellen zunächst dicht an die äussere Form der Koralle angelehnt, die vorstehenden Ecken scheinen zu Höckerbildungen Veranlassung zu geben, bei weiterem Wachstum gehen die Lamellen in einfache concentrische Linien über und behalten diese Anordnung bis zum äusseren Rand bei. Auf dem Querschnitt, 2 cm über der Koralle, von welchem nur der mittlere kleinere Theil als horizontaler Schnitt zu betrachten ist, weil das Skelet von der Basis aus nach oben und den Seiten gleichmässig wächst, zeigen sich in der Mitte die Querschnitte der Pfeiler als dicht stehende Punkte. Um diesen Raum liegen in einem wenig unregelmässigen Abstand von 1—2 cm fünf wellenförmige Erhöhungen der Lamellen; in einiger Entfernung, jedoch nicht genau in der Richtung der ersten wiederholen sich diese Erhöhungen und so fort bis zur Peripherie, werden aber immer schwächer und verschwinden zuletzt fast vollständig. Die Scheitel der Erhöhungen bilden die Centren von Canälen, welche sich strahlenförmig in die benachbarten Interlaminarräume verbreiten, sich wiederholt verästeln und eine Länge bis zu 5 mm erreichen, an einer Stelle lässt sich deutlich ein Querboden im Kanal erkennen. Ein zweiter Querschnitt endlich, 1 cm unter dem spitz zulaufenden oberen Ende des Knollens, zeigt bei einem Durchmesser von 2,5 cm sieben um einen Mittelpunkt gruppierte Höcker, welche wieder von einer gewissen Zahl Lamellen concentrisch umwachsen sind. Vom Mittelpunkt des Querschnittes und von jedem Höcker strahlen Kanäle aus, deren Centren aus einer runden Öffnung bestehen.

Ein anderer, etwas grösserer Knollen hat 12 cm Durchmesser und ist das Bruchstück eines in eigenthümlicher Weise zusammengesetzten Stockes. Die Lamellen gruppieren sich concentrisch um Mittelpunkte, welche 2—3 cm untereinander entfernt liegen und wachsen, bis sie sich gegenseitig berühren, so dass der ganze Stock eine compacte Masse bildet. Im Centrum der concentrisch geordneten Lamellen finden sich keine fremden Körper, welche als

Stützpunkte dienen konnten, dagegen finden sich fremde Einschlüsse in der Masse zerstreut, welche einfach unwachsen sind, ohne den Lamellen eine bestimmte Richtung zu geben. An den Berührungspunkten der einzelnen cylindrischen Zellen gehen die Pfeiler aus einer Lamelle in die der benachbarten Zelle über, indem sie sich biegen, um in senkrechte Lage zu der angrenzenden Lamelle zu kommen. Die Lamellen wachsen, wie an dem vorher beschriebenen Exemplar, von der Basis aus concentrisch zu immer grösseren Kreisen, ihr Wachsthum wird jedoch durch die benachbarte Zelle beschränkt und entsteht dadurch für alle Zellen ein paralleles Anwachsen in der Richtung senkrecht auf die Berührungsstelle der Zellen. Lamellen und Pfeiler sind denen der vorher beschriebenen Art vollständig gleich gebildet. Kanäle zeigen sich sehr ungleich vertheilt. An einem Cylinder beobachtet man gar keine, an einem anderen treten sie sehr zahlreich auf, sie strahlen mitunter von Mittelpunkten aus, welche nur 1—2 cm untereinander entfernt sind. Höckerbildungen treten nicht auf.

Die vorstehend beschriebenen Bruchstücke zweier verschiedenen Exemplare sind nicht vollständig gleich entwickelt. An dem einen Stock sind die Lamellen concentrisch um einen Mittelpunkt geordnet, am anderen findet sich eine ganze Colonie solcher concentrisch entwickelter Stöcke zusammen gewachsen. Der eine Stock hat Höckerbildung, welche um das Centrum sehr zahlreich auftritt, nach der Peripherie immer mehr verschwindet, am anderen fehlt dieselbe vollständig.

Auch die Astorhizen sind an beiden Stöcken sehr ungleich vertheilt, einzelne Cylinder des asträoidisch gebildeten Stockes haben eine grosse Zahl, anderen fehlen dieselben, und dennoch gehören beide Stöcke ganz unzweifelhaft einer und derselben Art an, weil beide ein vollständig übereinstimmendes Skelet haben. Das Skelet besteht aus sehr gleichmässig übereinander abgelagerten concentrischen Lamellen, welche von längeren und kürzeren verticalen Säulchen rechtwinklig gekreuzt werden. Dieser Bau entspricht den in der Eifel am häufigsten vorkommenden Formen, welche von Goldfuss mit *Stromatopora concentrica* bezeichnet wurden.

Bemerk. *Str. concentrica* zeichnet sich durch seinen ausserordentlich regelmässigen Bau und fast gleiche, mässige Stärke der Lamellen und Säulchen aus, welche letztere mitunter eine bedeutende Länge erreichen. Alle übrigen Eigenthümlichkeiten der beiden beschriebenen Stöcke können nicht als Artenunterschiede angesehen werden, weil sie an den beiden Stöcken sehr ungleich vertheilt vorkommen, und weil sie dieselben mit anderen Arten gemeinsam haben. An dem einen Stock finden wir einfache concen-

trische Anordnung der Lamellen mit Höckerbildung vereint. Die Höcker liegen nicht in der Peripherie, sondern in der Mitte. Denkt man sich aber das Wachstum des Stockes unmittelbar nach der Höckerbildung unterbrochen, so haben wir eine flache Form mit Höckern auf der Oberfläche. Diese Betrachtung führt dahin, dass Höckerbildungen nicht allgemein zur Unterscheidung von Arten dienen können. An dem anderen Stück finden wir Cylinder mit Astorhizen und solche ohne Astorhizen zu einem Stock vereint. Das Fehlen oder Vorhandensein von Astorhizen kann daher ebensowenig zur sicheren Unterscheidung von Arten benutzt werden.

Carter erhebt eine *Stromatopora*, deren Astorhizen mit Querböden versehen sind, zu einer besonderen Art, der *Str. Dartingtoniensis*¹⁾. Eine solche Querwand beobachtet man auch, wie oben erwähnt, an einem Verticalschnitt unserer Art. So wenig letztere deshalb keine *concentrica* ist, ebensowenig dürfte *Dartingtoniensis* als eine besondere Art zu betrachten sein. Nach der Beschreibung und Abbildung des Skeletes lässt sich dieselbe vielmehr sehr gut mit *concentrica* vereinigen.

Stöcke, welche den oben beschriebenen, durch Verwachsung nebeneinander liegender cylindrischer Ansätze entstandenen Bau bilden, scheinen bei *Stromatopora* selten vorzukommen. Rosen²⁾ erwähnt zwei ähnliche Ausbildungen an Exemplaren aus dem Obersilur von Ebstland. Der eine Stock besteht aus fächerförmig divergirenden Falten, der zweite ist aus nebeneinander liegenden fingerförmigen oder kolbenförmigen Fortsätzen zusammengesetzt, deren Lamellen cylindrisch ineinander stecken und an der Basis miteinander verwachsen sind. Es ist sehr wahrscheinlich, dass unser Stock während seiner Entwicklung ein ähnliches Aussehen hatte und im Laufe des Wachsthums die Räume zwischen den einzelnen cylindrischen Fortsätzen durch fortwährende Neubildungen vollständig ausgefüllt wurden.

Ob die von A. Römer³⁾ beschriebene *Str. polymorpha* y. *stellifera* aus dem Iberger Kalk unter die Zahl ähnlich gebildeter Arten zu rechnen ist, bleibt bei der kurzen Beschreibung und mangelhaften Abbildung zweifelhaft.

Stromatopora indubia n. s.

Taf. III. Fig. 1—3.

Es sind nur die Bruchstücke von mehreren Stöcken erhalten, welche sowohl in Knollenform wie in Plattenform anscheinend eine ansehnliche Größe

¹⁾ An. a. Mag. nat. Hist. S. V. Vol. VI. 1880. S. 346.

²⁾ Ueber d. Nat. d. Strom. Dorpat 1867. S. 49.

³⁾ Beiträge III. 1856. S. 27. T. VI. F. 1.

erreichten. Lamellen und Säulchen sind von gleicher Stärke, allein die Säulchen herrschen vor, indem dieselben sehr dicht stehen und sich über mehrere Interlaminarräume erstrecken. Ein Längsschnitt genau in der Richtung der Lage der Säulchen ist nicht ausführbar, weil letztere keine regelmässige verticale Richtung einhalten; es scheint sogar, dass dieselben mitunter in einer unter sich entgegengesetzten Richtung verwachsen sind. Aehnlich scheint es bei den Querlamellen der Fall zu sein. Es lassen sich wohl einzelne Gruppen von übereinanderliegenden Lamellen mit ziemlich gleichmässig horizontalem Verlauf verfolgen, an anderen Stellen ist Unregelmässigkeit vorherrschend. Länge und Dicke der Säulchen ist eine sehr verschiedene, vorzugsweise durch den Umstand veranlasst, dass durch den Schnitt nicht alle in der Mitte getroffen wurden. Im Ganzen zeichnen sich dieselben durch eine bedeutende Länge aus, indem einzelne Säulchen sich bis über 15 Interlaminarräume verfolgen lassen.

Der Horizontalschnitt zeigt ein schwammartiges Bild, indem auch hier die Interlaminarräume die verschiedensten Formen annehmen und in Folge gleicher Stärke der Lamellen und Säulchen und ihrer etwas unregelmässigen Entwicklung, diese ein ungleichmässiges Netzwerk bilden, an dem sich Lamellen und Säulchen mitunter kaum unterscheiden lassen. Astorhizen sind vorhanden und tragen die zwischen Säulchen und Lamellen sich durchwindenden Canäle zur Unregelmässigkeit des Bildes bei. Der zahlreichste Theil der Bruchstücke ist von *Syringopora expansa* durchwachsen, andere Theile zeigen keine Spur derselben.

Bemerk. Dieselbe Art scheint im mitteldevonischen Kalk bei Paffrath vorzukommen, dort wie hier von einer *Syringopora* durchwachsen und von Bargatzky, wie bereits oben erwähnt, als *Caunopora Hüpschii* beschrieben.

Die Gründe, welche gegen die Existenz einer Gattung *Caunopora* in dem Sinn von Bargatzky und anderer Forscher sprechen, sind bereits oben bei Beschreibung der *Syringopora expansa* angeführt worden.

Stromatopora turgidecolumnata n. s.

Taf. III. Fig. 4.

Die äussere Gestalt des Stockes ist nicht erhalten. An den Bruchstücken verlaufen die Horizontallamellen in einem sehr flachen Bogen, man kann daher annehmen, dass der Stock die gewöhnliche knollenförmige Ausbildung der Gattung hatte und grosse Dimensionen erreichte. Die Horizontallamellen haben parallele Lagerung, sie liegen sehr dicht übereinander und folgen sich

in gleichen Abständen, welche im Ganzen geringer sind wie die Breite der Lamellen. Auf 1 mm kommen durchschnittlich 4 der letzteren und 3 Zwischenräume. Die verticalen Säulchen sind bedeutend stärker und zeigen nicht dieselbe Regelmässigkeit der Entwicklung. Nicht alle halten eine parallel verticale Richtung ein, einzelne stehen schief auf den Horizontallamellen, andere sind schwach gebogen. Sie sind ungleich lang, die Länge schwankt zwischen 1 mm bis zu 5 mm und durchsetzen in letzterem Fall 18 Horizontallamellen. Ihr Durchmesser hat durchschnittlich die doppelte Breite der Querlamellen. Die Zwischenräume der Säulchen sind sehr ungleich breit, sie schwanken zwischen 0,2—1 mm.

Auf dem Horizontalschnitt macht sich die Stärke der Säulchen in der Weise geltend, dass deren runde Durchschnitte den grössten Theil der Fläche bedecken und die Zwischenräume, in denen die schmalen Querlamellen liegen, zurücktreten. Astorhizen treten nicht zahlreich auf, ihre cylindrischen Röhren, welche sich nach allen Richtungen verzweigen, sind verhältnissmässig stark.

Die ungleiche Dichtigkeit der Masse, aus welcher die Säulchen bestehen, lässt sich sehr schön an der Erscheinung beobachten, dass einzelne Säulchen anscheinend eine hohle Axe haben, wie man auch am Längsschnitt mitunter einen lichten Streifen im Centrum der Säulchen beobachten kann. Es zeigt sich hier der beginnende Verwitterungsprocess, welchem die weniger dichten Theile zuerst anheimfallen. Eine andere Erklärung scheint mir die nur hie und da auftretende Erscheinung nicht zuzulassen.

Die beschriebene Art ist ausgezeichnet durch die zahlreichen, dichtliegenden schmalen Horizontallamellen und die Stärke der Säulchen.

Grube Hainau.

Stromatopora Beuthii Bargatzky.

Taf. III. Fig. 5.

Str. Beuthii Bargatzky, Verh. Nat. hist. Ver. 1861, S. 284.

Diese Art wurde in mehreren grösseren Bruchstücken gefunden, welche auf bedeutende Dimensionen der Stücke schliessen lassen. Das grössere Stück ist ein Theil eines Stockes, welcher anscheinend halbkugelige Form hatte. Die Oberfläche ist schwach gebogen, hat 10 cm Länge, 8 cm Breite und eine Dicke von 4 cm, die untere Fläche läuft mit der oberen parallel. Die Lamellen haben ziemlich regelmässige horizontale Lage, wellenförmige Linien oder Höckerbildungen sind nicht zu beobachten. Die Art ist ausgezeichnet

durch den sehr groben Bau des Skeletes. Die Pfeiler sind etwas stärker wie die Lamellen, sie haben eine zwischen 0,2—0,5 mm schwankende Dicke und stehen in Entfernungen von 0,3—0,8 mm. Sie erreichen mitunter eine Länge bis zu 6 mm und durchsetzen in letzterem Fall 15 Interlaminarräume. Die Lamellen haben unter sich die gleichen Entfernungen wie mit den Pfeilern, welche sie in rechtem Winkel schneiden. Die Interlaminarräume bilden regelmässige Quadrate und geben dem Längsschnitt ein gitterartiges Ansehen. Die Kreuzungspunkte der Lamellen und Pfeiler sind schwach angeschwollen.

Auf der horizontalen Bruchfläche beobachtet man zahlreiche Astorhizen in durchschnittlichen Abständen von 2—3 cm. Die Canäle verbreiten sich von einem Mittelpunkt aus in horizontaler Richtung in gewundenen und zickzackförmigen, wiederholt sich verästelnden Linien bis zum nächsten Canal-system. Weniger deutlich wie an anderen Arten sind die Astorhizen an einem Horizontalschliff zu erkennen, weil die Pfeiler überhaupt unter sich in grösseren Entfernungen stehen. Dagegen drängen sich eine grössere Zahl Pfeiler mitunter zu einem förmlichen Kranz zusammen, welcher offenbar das Centrum von Astorhizen bildet. Einen grösseren Horizontalschliff auszuführen, welcher genau mit der Lage der Lamellen zusammenfällt, ist selbst bei dem groben Bau dieser Art nicht möglich, man wird immer mehrere Interlamellarräume durchschneiden, welche durch helle unregelmässige concentrische Linien erkennbar werden. Der Querschnitt der Pfeiler ist kreisrund und scheinen letztere nicht aus gleichmässig dichter Masse zu bestehen. Der Kern der Pfeiler hat ein, ein wenig lockeres Gefüge, wie die ungleiche Färbung wohl gedeutet werden muss, welche darin besteht, dass im Inneren ein bald grösserer, bald kleinerer dunkler Punkt sichtbar wird. Bei weiter vorangeschrittener Verwitterung beobachtet man vollständige Hohlräume im Innern der Pfeiler.

Gruben Hainau und rothe Erde.

Bemerk. *Str. Beuthii* wird von Bargatzky aus dem mittleren Kalk von Paffrath beschrieben. Unsere Exemplare scheinen damit vollständig übereinzustimmen. Die Art zeichnet sich durch den groben Bau ihres Skeletes aus, welcher im Uebrigen sehr gut mit dem der *concentrica* übereinstimmt.

Stromatopora maculosa n. s.

Taf. III. Fig. 6, 7.

Es liegen zwar nur Bruchstücke dieser Art vor, dieselben lassen jedoch darauf schliessen, dass der Stock ansehnliche Dimensionen erreichte und

knollige Massen bildete. Die Oberfläche ist nicht erhalten. Der Längsschnitt zeigt ein Skelett, bestehend aus Querlamellen, welche stellenweise eine parallel horizontale Lage haben und eine ziemliche Länge erreichen, an anderen Stellen unregelmässig geordnet sind, aus kurzen gekrümmten Linien bestehen, welche in Säulchen übergehen. Auch die Säulchen haben eine sehr unregelmässige Ausbildung. Diese Unregelmässigkeit entsteht dadurch, dass die Lamellen theilweise sich nach verschiedener Richtung umbiegen und schiefstehende Pfeiler bilden, welche nur bis zur nächstliegenden Lamelle reichen. Eine Anzahl kürzerer Säulchen verbinden 3—4 Interlamellarräume und in grösseren Abständen folgen sich einige vertical gestellte längere Säulchen, welche 10—12 Lamellen untereinander verbinden. Die Unregelmässigkeit der Lage und Länge der Säulchen wie der Querlamellen gibt den zwischenliegenden Maschen eine grosse Mannigfaltigkeit aller möglichen, zwischen Kreis, Viereck und Vieleck schwankenden Formen von verschiedener Grösse. An den Kreuzungsstellen der Lamellen und Säulchen bilden sich kleine Anschwellungen. Das Cöenchym ist sehr porös.

Der unregelmässige Bau des Skeletes zeigt sich am Querschnitt in der Weise, dass immer mehrere Interlamellarräume in schiefer Richtung getroffen werden, welche in Folge der verschiedenen Färbung des Cöenchyms und des Cönosarcs auf der Fläche deutliche Wellenlinien bilden. Die Säulchen werden nur an wenigen Stellen horizontal durchschnitten, ebenso die Lamellen, und entstehen für die Maschen sehr unregelmässige Formen ähnlich denen am Längsschnitt.

Astorhizen sind zahlreich vorhanden. Die Centren derselben haben unter sich eine Entfernung von 10 mm. Die Canäle sind zahlreich und stark. Sie erreichen an ihren breitesten Stellen den ansehnlichen Durchmesser von 0,8 mm und verzweigen sich nach allen Richtungen bis zum nächsten Kanalsystem. Sie haben öfter von Cöenchym gebildete dichte Wände.

Dem Stock sind an einzelnen Stellen Tubiporiden ein- und aufgewachsen.

Bemerk. Die Untersuchung der beschriebenen Art war durch die verschiedene Färbung des Cöenchyms (weiss) und des Cönosarcs (roth) ausserordentlich erleichtert. Die unregelmässige Bildung der Lamellen, verbunden mit deutlicher paralleler Schichtung, und die nur stellenweise über einen Interlamellarraum sich erstreckende Länge der Säulchen sind für *Str. maculosa* charakteristisch.

Stromatopora curiosa Goldf.

Taf. III. Fig. 8.

Strom. polymorpha, var. *curiosa* Goldf., Petr. Germ. T. 64. F. 8d.

Strom. consors Quenst., Petr. Deutchl. S. 582. T. 142. F. 12.

Das der Beschreibung zu Grunde liegende Exemplar ist zwar schon sehr stark verwittert, allein die charakteristischen Eigenschaften dieser Art lassen sich immerhin deutlich erkennen. Der Stock bildet eine auf Alveolites Battersbyi aufgewachsene dünne Kruste von 1 mm Dicke. Die Oberfläche ist mit Höckern versehen, welche in 2—4 mm Entfernung auseinander liegen. Die Höcker haben eine sehr ungleiche Höhe. Der höchste hat 2 mm, abgebrochene Höcker scheinen eine bedeutendere Höhe erreicht zu haben, der kleinste erhebt sich kaum über die Fläche, aber alle haben im Centrum eine kraterförmige runde Oeffnung. An den abgebrochenen Höckern lässt sich die radiale Structur des Inneren sehr gut beobachten. An einer abgebrochenen Stelle des Stockes liegen 4 Lamellen als dünne Blättchen mit glatten Flächen übereinander und scheinen die Säulchen auf einen Interlaminarraum beschränkt zu sein.

Die Art findet sich in der Eifel und nach Quenstedt in der Hamiltongruppe in Jowa.

Stromatopora monostiolata Bargatzky?

Strom. monostiolata Bargatzky, Verh. nat. hist. Ver. 1881. S. 286.

Strom. polymorpha, var. *ostiolata* Goldf., Petr. Germ. T. 64. F. 8c.

Der Stock ist astförmig schwach hin und her gebogen, mit mehrfachen Verzweigungen, welche an unserem Exemplar bis auf eine sämtlich abgebrochen sind. Die erhaltene Verzweigung ist subcylinderisch und hatte ein flach abgerundetes Ende. Der Durchmesser des Bruchstückes ist 15 mm, die Länge 4 cm.

Die Oberfläche ist rau, ohne eine bestimmte Structur zu zeigen und wahrscheinlich nicht mehr die ursprüngliche. Höckerbildungen und Astorhizen fehlen. Am Querschnitt beobachtet man, dass die Lamellen concentrisch verlaufen, die Säulchen radial geordnet sind wie bei dem vorherbeschriebenen asträoidisch gebildeten Stock der *Str. concentrica*. Aber der ganze Bau ist grober und zeigt nicht durchweg die grosse Regelmässigkeit in gegenseitiger Lage der Säulchen zu den Lamellen. Die Säulchen sind nämlich leicht gebogen, sie sind stark und setzen durch eine grosse Zahl von Lamellen durch,

welche letztere in kurzen Zwischenräumen folgen und fast die Breite der Säulchen haben. Es entsteht dadurch ein ziemlich gleichmässiges Gitterwerk mit vorherrschend kreisrunden Maschen. Erst an der Peripherie, wo das Skelet mehr im Verticalschnitt getroffen wird, ziehen sich die Maschen etwas in die Länge.

Zwei Lamellen mit dazwischen liegendem Interlaminarraum uehnen die Breite von 1 mm ein, dieselbe Breite haben zwei Säulchen mit dazwischen liegendem Raum.

Der Querschnitt der Lamellen zeigt mit der Loupe betrachtet eine grosse Zahl ausserordentlich feiner Parallellinien.

Bemerk. Das beschriebene Exemplar hat grosse Aehnlichkeit mit der *Str. monostiolata*, welche nach Bargatzky von stenglicher Gestalt und mit fingerförmigen Fortsätzen versehen ist, an deren Spitze sich je eine Oeffnung befindet. An unserem Exemplar sind die Spitzen nicht erhalten und deshalb auch keine Oeffnungen zu sehen, während Bargatzky über die innere Structur der Eifeler Form keine Mittheilungen macht. Es kann daher die Identität unserer Art mit dem erwähnten Exemplar der Eifel nur als eine wahrscheinliche angesehen werden.

Eine zweite ähnliche Form ist die von Quenstedt¹⁾ beschriebene *Stromatopora caespitosa* Winch. aus dem Dolomis der Hamiltongroup am Lake Michigan. Der Stock ist fingerförmig gebildet und hat auf dem Querschnitt concentrisch liegende Lamellen, welche wie an unserer Art ausserordentlich feine Parallellinien zeigen, allein deutliche Säulchen sind nicht zu sehen und deshalb immerhin zweifelhaft, ob die Formen sich zu einer Art vereinigen lassen.

Stromatopora Hainensis n. s.

Taf. III. Fig. 10.

Der Stock, welcher in zwei nicht vollständig erhaltenen Exemplaren gefunden wurde, besteht aus einer 1—2 mm dicken Platte, welche schwachwellig gebogen ist. Dieselbe hat sich frei ausgebreitet und war nur mit einem Theil der unteren Fläche aufgewachsen. Der Umriss ist nicht erhalten. Die Oberfläche bildet eine feste, glatte, flachwellig gebogene Decke, welche zunächst einige Unebenheiten zeigt, die sich am besten damit vergleichen lassen, dass man sich eine rasch erkaltende Masse wiederholt übereinander gegossen denkt.

¹⁾ Quenstedt, Schwämme Band V. S. 584. T. 142. Fig. 14.



Ferner erheben sich auf der Oberfläche in unregelmässigen Abständen von 15—30 mm höhere und niedere Warzen. Die Spitzen derselben sind grösstentheils abgebrochen. Die eine besterhaltene Warze ist ein spitzer Kegel von 3 mm Basis und 2,5 mm Höhe, grössere Warzen haben eine Basis von 5 mm. Endlich ist die ganze Oberfläche mit kleinen Tuberkelchen bedeckt, welche in unregelmässigen Abständen vertheilt sind und auch auf den Seitenflächen der Warzen auftreten. Wenn die Spitze dieser Tuberkelchen abgerieben ist, kommt die Ausfüllungsmasse als rother Punkt zum Vorschein. Die untere Fläche des Stockes folgt im Ganzen den flachwelligen Biegungen der oberen, sie hat ein rauhes Aussehen, veranlasst durch das Vorhandensein dicht stehender feiner Poren, welche jedoch nur mit Hilfe der Loupe zu erkennen sind. Ausserdem ist die ganze Fläche mit unregelmässig vertheilten Tuberkeln bedeckt, welche ein wenig grösser wie diejenigen der oberen Fläche sind, und wenn die Spitze abgebrochen, ebenfalls rothe Ausfüllungsmasse zeigen.

Der Querschnitt gibt leider in Folge des Verwitterungsprocesses die innere Structur nicht in solcher Schärfe wieder, wie an den vorherbeschriebenen Arten. Man sieht, dass die Basis aus einer schmalen Lamelle besteht, welche von einigen Kanälchen in verticaler Richtung durchsetzt wird. Diese Kanälchen münden nach aussen durch die oben erwähnten Tuberkeln der unteren Fläche und scheinen unter sich einen ziemlich gleichen Abstand von 5 mm zu haben.

Auf der Oberfläche der unteren Lamelle erheben sich Pfeilerchen, welche theils bis zur folgenden Lamelle durch wachsen, theils als kegelförmige Stümpfe in den Interlaminarraum reichen. Dieser letztere ist sehr erweitert und hat keine regelmässige Umgrenzung, indem auch die darüber liegende Lamelle stellenweise aus einer dünnen Lage besteht mit nach unten gerichteten kegelförmigen Stümpfen, stellenweise sich in zwei Lagen trennt, welche wieder durch kurze Pfeilerchen unter einander verbunden sind. Die obere Fläche dieser Lamelle läuft parallel der Oberfläche des Stockes; der Raum bis zur Oberfläche hat ungefähr die Breite von 0,2 mm, er bildet ein schmales Band, in welchem sich eine Reihe verticaler Pfeilerchen in ziemlich regelmässigen Zwischenräumen folgen. Unter den Höckern erweitert sich der innere Hohlraum, während untere und obere Lamelle genau den Biegungen der Oberfläche folgen.

Bemerk. Die beschriebene Art unterscheidet sich von allen bisher bekannten Stromatoporen sehr wesentlich darin, dass ein von einem Mittelpunkt aus im Cönosarc sich verzweigendes Canalsystem fehlt und letzteres

durch einen grösseren Hohlraum, einen Interlaminarraum ersetzt ist, welcher durch eine beschränkte Anzahl einfacher Canäle, sowohl an der Oberfläche wie an der unteren Fläche nach aussen communicirt. Auch das Skelet zeigt Abweichungen von der typischen Stromatopora, indem die Lamellen und Pfeiler nur sehr verkümmert entwickelt sind, dagegen grössere Hohlräume im Inneren auftreten, welche der Art grössere Aehnlichkeit mit der Gattung *Hydractinia* geben. Trotzdem möge dieselbe vorerst ihren Platz unter den Stromatoporen finden, weil dieser Gattung bereits ähnliche Formen angehören und auf eine Systematik der Stromatoporen einzugehen in den Rahmen dieser Arbeit nicht passt. Nur wenige Bemerkungen mögen noch an diese Frage geknüpft werden.

Zunächst besteht zwischen unserer Art und mehreren anderen Stromatoporen-Arten grosse Aehnlichkeit in der Oberflächenbeschaffenheit. Dahin gehören die *Str. mammillata* Nicholson¹⁾ aus dem Corniferous Limestone in Canada, die *Str. mammillata* Fr. Schmidt und *Str. Unger* Rosen²⁾ aus dem Silur von Ebstland. Die Oberflächen dieser Arten sind ebenfalls flach ausgebreitet und mit zahlreichen Höckern versehen, erstere zeigt ausserdem auch die Tuberkeln unserer Art. Allein das Skelet der beiden erstgenannten Arten ist verschieden von dem der *Hainensis*. Es besteht aus regelmässig übereinanderliegenden Lamellen, verbunden durch verticale Pfeiler. Dagegen zeigen ähnlich verkümmerte Pfeiler und unregelmässige Entwicklung der Lamellen, sowie grössere Hohlräume die erwähnte *Str. Unger* und eine andere Art, die *Str. dentata*, welche Rosen³⁾ aus dem Obersilur von Ebstland beschreibt. Die Oberfläche der letzteren Art hat kleine kegelförmige Wäzchen, ist demnach von ähnlicher Beschaffenheit wie diejenigen der *Hainensis*. Rosen ist geneigt, *Str. Unger* und *Str. dentata* ihres von einer typischen Stromatopora abweichenden Baues wegen zu einer besonderen Gruppe zu vereinigen und würde sich unsere Art als dritte dieser Gruppe einreihen lassen.

Der Bau der drei erwähnten Arten unterscheidet sich wesentlich von dem einer typischen Stromatopora darin, dass grössere Hohlräume im Inneren des Stockes an Stelle der Astorhizen treten und eine Gleichmässigkeit der Entwicklung und Lagerung der Lamellen nicht besteht. Es ist insbesondere unsere Art, deren Bau, wie erwähnt, dem einer *Hydractinia*, der *Hydractinia calcarea*, der einzigen bekannten recenten Art mit kalkigem Gerüst näher-

¹⁾ Ann. a. mag. nat. His. Ser. IV. T. XII. 1873. S. 89.

²⁾ Rosen. l. c. S. 71 u. 75.

³⁾ Rosen. l. c. S. 43 u. 75.

steht, wie einer *Stromatopora*. Es ist dort wie hier zu unterscheiden 1) die Basallamelle, 2) der Interlaminarraum, 3) eine obere Kalklamelle, 4) kleinere und grössere Höcker und Tuberkel der Oberfläche. Allein unbekannt ist und wird bleiben, ob die fossile Art *Hydranthen* hatte, wie überhaupt die Weichtheile beschaffen waren.

Mit der von Steinmann¹⁾ versuchten Eintheilung der *Stromatoporen* in zwei Untergattungen, je nachdem sternförmig gruppirte Canäle vorhanden sind oder fehlen, kann ich mich nicht befreunden, weil für die letztere als typische Form die *Cannopora* angenommen ist, welcher sternförmige Canäle keineswegs fehlen. *Cannopora* steht der typischen *Stromatopora* viel näher wie unsere Art.

Genus *Caunopora* Phillips.

Wie bereits oben bei Beschreibung der *Tubiporiden* unseres Kalkes erörtert wurde, sind gewisse, wie es scheint, öfter vorkommende cylindrische, durch *Stolonen* verbundene Röhren im Inneren von *Stromatoporastöcken* als selbständige, zu den *Tubiporiden* zu zählende Organismen zu betrachten, welche einfach überwuchert wurden. Das Vorhandensein solcher Röhren kann daher nicht zur Begründung einer eigenen Gattung benutzt werden. Neben solchen aus zwei verschiedenen Organismen bestehenden Körpern kommen jedoch Gebilde vor, welche denselben sehr ähnlich werden und sich von dem Bau einer *Stromatopora* einigermaßen unterscheiden. An ihnen ist die Zahl der Säulchen eine viel geringere und die Lamellen haben keine regelmässige horizontale Lage, das Cöenchym ist sehr porös. Diese Eigenschaften besitzt die in der Litteratur oft erwähnte *Caunopora placenta* Phillips und möchte daher die Unterscheidung einer besonderen Gattung *Caunopora* neben *Stromatopora* oder vielleicht besser eine Untergattung letzterer in vorerwähntem Sinn wohl begründet sein.²⁾

¹⁾ *Palaeontographica*. Bd. XXV. 1877. S. 101.

²⁾ Da die vorliegende Arbeit nur die Bestimmung und Beschreibung der in unserem Untersuchungsgebiet aufgefundenen Thierreste zum Zweck hat, kann auf die verschiedenen Arbeiten und Beurtheilungen von Phillips, Carder, F. Römer, Nicholson, Bargatzky und Anderer über den Bau von *Caunopora* hier nicht weiter eingegangen werden und sei nur erwähnt, dass selbstverständlich alle auf das Vorhandensein von durch *Stolonen* verbundenen Röhren mit festen Wänden begründete Arten, wie z. B. *Caunopora perforata* Nicholson (*Linn. Journ. Zoology*, Vol. XIV. 1877. S. 219) und *Caunopora bitcheleensis* Bargatzky (*Verh. nat. his. Ver.* 1881. S. 290) von der Gattung *Caunopora* auszuschliessen sind.

Es scheint mir übrigens sehr wahrscheinlich zu sein, dass Phillips selbst bei Aufstellung seiner Gattung *Caunopora* eine von einer Tubiporide durchwachsene *Caunopora* vor sich hatte, indem er neben den „undulated and inflected laminae, and radial pillars often more or less rudimentary“ noch von Tuben mit festen Wänden, verbunden durch seitliche Tuben, spricht.

Ich würde überhaupt Zweifel gehegt haben, ob die mir vorliegenden Gebilde mit *Caunopora* zu bezeichnen seien, wenn nicht Herr Bargatzky selbst ein ihm mitgetheiltes Bruchstück als *Caunopora placenta* anerkannt hätte und wenn nicht Zittel¹⁾ eine Diagnose aufgestellt hätte, welche, abweichend von der vorerwähnten von Phillips die Gattung als eine solche bezeichnet, welche aus zahlreichen verticalen Röhren bestehe, um welche sich die Skeletfasern zu einer Wand verdichten, während Horizontalcanäle Skeletmasse und Röhren untereinander verbinden.

Unter diese Diagnose lassen sich die vorliegenden Bruchstücke sehr gut stellen und da, wie mir scheint, der Gattung *Caunopora* bis jetzt nur eine Art, die *C. placenta* angehört, so wird deren nachfolgende Beschreibung Gelegenheit bieten, gleichzeitig die Gattungseigenthümlichkeiten näher zu bezeichnen.

Caunopora placenta Phill.

Taf. III. Fig. 11.

Es sind nur einzelne, mehrere Centimeter grosse Bruchstücke gefunden worden. Das Skelet besteht im Längsschnitt aus mehr oder weniger regellos gekrümmten und sich verästelnden, nur ausnahmsweise horizontal gelegenen Lamellen, welche ungleich grosse und unregelmässig gefornite Maschen bilden und in eine grössere Zahl verticaler Säulchen übergehen oder solche untereinander verbinden. Säulchen und Lamellen haben verhältnissmässig starke Wände, welche durch Verdichtung des Cöenchyms entstehen, während das Innere derselben mit einem, fast einem Hohlraum gleichkommenden lockeren Gewebe ausgefüllt ist. Die Säulchen haben den doppelten Durchmesser der Lamellen, erreichen eine Länge von 1—5 mm und haben ungleiche Abstände von 0,5—5 mm. Das Cöenchym ist sehr porös, in Folge dessen sind an Schnitten die Linien nicht scharf, sondern verschwommen und durch die Loupe betrachtet zeigt die Masse eine sehr ungleiche Dichte.

¹⁾ Zittel, Palaeontol. I, 1. S. 286.

Auf dem Querschnitt treten die Wände der Röhren als mehr oder weniger scharf begrenzte Ringe zum Vorschein, ebenso die Wände der Lamellen, wenn sie horizontal geschnitten werden, letztere werden ausserdem in verschiedener Richtung geschnitten, so dass auch der Querschnitt nur unregelmässige Linien und ungleich vertheilte Ringe zeigt. Astorhizen sind vorhanden.

Vorkommen. Grube Hainau, im mittleren Kalk von Paffrath und im Devonkalk von Torquay, Devonshire.

Bemerk. Die beschriebene Art unterscheidet sich von einer typischen Stromatopora darin, dass horizontal liegende Lamellen fehlen und diese durch kurze, regellos durcheinander liegende, sich verästelnde Lamellen ersetzt sind, die verticalen Säulchen eine verdichtete Wand und im Innern ein sehr lockeres Gefüge haben. Dagegen scheint mir die Natur des Hydrophyton keine Verschiedenheit von Stromatopora zu haben und selbst der fast hohle Kern der verticalen Säulchen nicht auf Caunopora placenta beschränkt zu sein, sondern auch bei gewissen Stromatoporen-Arten von grobem Bau, wie *Str. Beuthii* vorzukommen. Die Deutlichkeit der Erscheinung ist von dem grösseren oder geringeren Grad der Verwitterung abhängig. Es möchte vielleicht desshalb zweckmässig sein, Caunopora nur als eine Untergattung der Stromatopora zu bezeichnen.

Echinodermata.

Classe Crinoidea.

Die Classe der Crinoideen ist durch zahlreiche Säulenstücke und mehrere Kelchreste vertreten. Getrennte Säulenglieder erfüllen oft grössere Gesteinsbruchstücke vollständig. An den einzelnen besser erhaltenen Säulstückchen lassen sich leicht bekannte Eifeler Vorkommen wieder erkennen, wie Säulenglieder von *Hexacrinus spinosus*, *Rhodocrinus crenatus* und fünfkantige der Gattung *Poteriocrinus*. Die Kelchreste erinnern an *Cupressocrinus* und *Poteriocrinus*, sie sind jedoch nicht vollständig genug conservirt, um die Identität mit Eifeler Arten feststellen zu können. Unter diesen Umständen sehe ich von einer eingehenden Beschreibung der gesammelten Reste ab und beschränke dieselbe auf die folgende allein gut erhaltene Art.

Haplocrinus stellaris F. Römer.

Taf. IV. Fig. 1.

Haplocrinus stellaris Römer, Rhein. Ueberg. Geb. 1844, S. 63. T. 3. F. 5.

Diese durch ihre hohe Scheitelpyramide ausgezeichnete Art wurde von Römer aus dem eisenschüssigen Kalk des Enkeberges bei Bredelar beschrieben, dann von Sandberger¹⁾ in dem kieseligen Rotheisenstein der Grube Lahnstein bei Weilburg gefunden und schliesslich von Kayser²⁾ in dem Rotheisenstein von Brilon. Letztere Fundstelle liegt im oberen Niveau des Stringocephalenkalkes, die erste gehört dem Oberdevon an.

Bemerk. Das sehr gut erhaltene Exemplar aus dem Rotheisenstein der Grube Hainau ist in dem Besitz des Herrn Professor Dr. Bücking.

¹⁾ Sandb. Rhein. Sch. Naas. S. 399. T. 35. F. 7.

²⁾ Zeitschr. d. d. g. G. Bd. XXIV. S. 686.

Vermes.

Serpula ramosa n. s.

Taf. IV. Fig. 2.

Die Röhre ist unregelmässig, bald mehr, bald weniger gebogen, wenig an Umfang zunehmend, der Querschnitt fast kreisrund, mit 3,5 mm mittleren Durchmesser, die Oberfläche glatt.

Grube Hainau.

Bemerk. Von dieser Art wurden in einem Kalkstück von 3 cm Länge und 2 cm Breite die Bruchstücke von drei Röhren gefunden, welche regellos nebeneinander und gegeneinander liegen. An einer der Röhren zweigt sich eine ein wenig schwächere Röhre mit halbkreisförmiger Biegung ab. Um gegen Täuschung gesichert zu sein, wurde die Unterlage durchsägt und die Stelle der Abzweigung gebrochen. Durch dieses Verfahren wurden Bruchflächen an beiden Röhren gebildet, welche keinen Zweifel lassen, dass eine Verzweigung stattgefunden hat.

Serpula obliquilineata n. s.

Taf. IV. Fig. 3.

Die Röhre ist mässig gebogen, wenig an Umfang zunehmend, der Querschnitt schwach oval. Die Oberfläche hat dicht stehende schräg verlaufende, mässig starke Querringel. Das Bruchstück hat 2,8 cm Länge und einen Querschnitt von 3 : 4 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Der beschriebenen Art ähnliche Formen sind *Serp. epithonia* Goldf.¹⁾ aus dem Stringocephalenkalk von Bensberg und *Serp. undulata* Sandb.²⁾ aus dem Orthocerasschiefer von Wissenbach. Beide Arten unterscheiden sich von der unsrigen durch kreisrunden Querschnitt und verschiedenen Verlauf der Querringel. Die Bensberger Art hat scharfe, horizontalliegende Querringel, die Wissenbacher Art sehr feine, wellig gebogene.

¹⁾ Goldf. Petr. germ. Taf. 67. Fig. 1.

²⁾ Sandb. Rhein. Sch. Nass. Seite 39 Taf. 3. Fig. 7.

Mollusca.

Classe Bryozoa.

Die Zahl der zur Classe der Bryozoen gehörenden Molluscen unseres Kalkes ist nicht unbedeutend, insbesondere findet sich die Familie der Fenestelliden durch eine grössere Zahl von Arten vertreten. Leider ist der Erhaltungszustand der meisten Funde in Folge des bereits zu weit vorgeschrittenen Verwitterungsprocesses der Art, dass eine Beschreibung unausführbar ist, weil die Reste kein vollständiges Bild des Baues der Stücke geben. Soweit die Anfertigung von Abdrücken und Modellen möglich war, ist es auch gelungen, die ursprüngliche Form vollständig wieder herzustellen. Für einen Theil der gefundenen Reste jedoch musste vorerst von einer Beschreibung abgesehen werden. Ferner soll die zweifelhafte Gattung Alveolites, welche in 3 Arten vertreten ist, nach dem Vorgang von Zittel bei den Bryozoen untergebracht werden, obgleich mir ihre Verwandtschaft mit der Familie der Favositinen grösser zu sein scheint.

Genus Fenestella Lonsdale.

Fenestella prisca Goldf.

Taf. IV. Fig. 4.

Hetepora prisca Goldf., Petr. Germ. Seite 103. Taf. 36. F. 19.

Das gemeinschaftliche Gehäuse hat Netzform. Die Bruchstücke sind theils flach, theils schwach gebogen, sodass flache Ausbreitungen und vielleicht auch trichterförmige Ausbildungen vorkommen. Die Längsstäbchen bilden schwach wellige Linien, welche durch bogig ausgerandete kurze Querleistchen in der Weise verbunden sind, dass zwischen ihnen schrägläufende ovale Maschen entstehen. Auf der äusseren Seite des Stockes läuft über den Scheitel der Längsstäbe eine feine erhabene Linie und auf beiden Seiten den

Ovalrändern zugekehrt liegen je 4 runde Zellenmündungen. Auf der entgegengesetzten Seite sind die Stäbchen glatt und ohne Zellenmündungen.

Vorkommen: Grube Hainau.

Bemerk. Die vorliegenden Exemplare von Hainau zeigen kleine Verschiedenheiten sowohl mit der Abbildung bei Goldfuss, wie mit der bei Quenstedt (Taf. 146. F. 62). Bei Goldfuss sind die Verbindungsleistchen viel breiter, sie sind breiter wie die Maschenlänge, während an unseren Exemplaren die Breite der Verbindungsleistchen noch nicht der Hälfte der Maschenlänge gleichkommt. Bei Quenstedt stehen die Maschen in gerader Linie nebeneinander, während sie bei unseren Exemplaren, übereinstimmend mit der Zeichnung bei Goldfuss, schräg laufen. Obgleich ich glaube, dass trotz der erwähnten Differenzen in den verschiedenen Abbildungen doch die Formen einer und derselben Art zu verstehen sind, wollte ich doch diese Verschiedenheiten nicht unerwähnt lassen.

Genus *Polypora* M. Coy.

Polypora spinosa n. s.

Taf. IV. Fig. 5.

Der Stock hat breite Trichterform. Die dichotom sich verästelnden Zweige sind stark, sie haben eine Höhe von 1 mm, einen ovalen Querschnitt von 0,8 mm Breite an der Aussenfläche und verschmälern sich nach der Innenseite. Die Querstäbchen sind kurz und breit und bilden kurzovale Maschen. Diese Maschen sind in Folge der Verschmälerung der Aeste nach der Innenseite des Stockes aussen etwas enger wie auf der Gegenseite.

Die Aussenfläche der Zweige hat vier Reihen dicht stehender, kurz stachelförmiger Zellenmündungen, welche unter sich alterniren. Querstäbchen und Innenseite sind glatt.

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Art hat Aehnlichkeit mit *Polypora dendroides* aus dem Bergkalk von Ayrshire in Schottland¹⁾, welche auch vier Reihen Zellenmündungen zeigt; allein die Mündungen sitzen nicht auf stachelförmigen Fortsätzen, und die Maschen sind lang und schmal. Aus dem Devon ist mir keine ähnliche Art bekannt.

¹⁾ Vergl. Quenstedt, *Petrefactkunde*. S. 168. T. 149. F. 37.

Genus *Entopora* nov.

Stock trichterförmig, aus einer Doppellage von anastomisirenden Aesten bestehend, welche ein regelmässiges, rundmaschiges Netzwerk bilden. Die Zellen auf dem unteren Ast ringförmig um die Maschen gruppiert.

Entopora alvearis n. s.

Taf. IV. Fig. 6—10.

Der Stock hat Trichterform, dessen Weite eine ziemlich schwankende ist. Es kann die Breite der Länge des Stockes gleich kommen, die grössere Zahl der meistens nur im Steinkern erhaltenen Exemplare hat eine mehr schlanke Gestalt, welche einer spitzen Kegelform gleichkommt und sich bis zu subcylindrischer Form verengen kann. Der Stock ist aus zwei Systemen von anastomisirenden Aesten, einem äusseren und einem inneren System, in der Weise zusammengesetzt, dass beide Verästelungen äusserlich vollkommen gleichmässig ausgebildet sind und zwei regelmässige Netzwerke bilden mit schräg laufenden, kreisrunden oder schwach ovalen, im Quincunx stehenden Maschen. Aeussere und innere Aeste sind durch eine sehr dünne Wand miteinander verbunden. Die Aeste des inneren Netzwerkes erweitern sich nach der inneren Seite des Stockes zu einem um die Maschen laufenden ringförmigen Wulst, auf welchem eine kreisförmige Einzelreihe von 10—12 runden Zellenöffnungen, die Wohnkammern der Thiere sich befinden. Ueber dem Wulst mit seinen Zellenöffnungen befindet sich ein gewölbter Hohlraum, welcher als Masche des äusseren Netzwerkes nach aussen mündet. Die Zellen oder Wohnkammern bestehen aus kleinen cylindrischen Höhlungen. Innere und äussere Aeste sind glatt und haben eine flache mittlere Kante, welche um jede Masche ein regelmässiges Sechseck bildet. Die Maschen haben einen Durchmesser von 0,5—0,8 mm; die Aeste haben nicht die Breite der Maschen. Die Dicke des Stockes, resp. der Raum zwischen äusserer und innerer Fläche beträgt 1 mm.

Nach den Bruchstücken zu urtheilen, erreicht der Stock eine Höhe von 4—5 cm. Die grösste Weite von 2,5 cm hat ein kurz trichterförmiger Stock von 2 cm Länge, während die durchschnittliche Weite 1 cm beträgt.

Bruchstücke dieser Art finden sich in dem Kalk der Grube Hainau gar nicht selten, aber immer in bereits vorgeschrittener Verwitterung. Ein vollständiges Exemplar existirt nicht, dagegen lässt sich an ausgewitterten Stöcken

durch Guttapercha-Abdrücke die ursprüngliche Form vollständig wieder herstellen, weil nur der Stock verwittert, der den Stock einschliessende Kalk aber mehr oder weniger frisch ist, sogar die kleinen Wohnkammern sind mit Gesteinsmasse erfüllt und lässt letztere die ursprüngliche Form und Grösse derselben ausserordentlich schön erkennen.

Bemerk. Die beschriebene Form gehört unzweifelhaft der Classe der Bryozoen an und ist offenbar zur Familie der Finestelliden zu rechnen. Allein ihr eigenthümlicher Bau gestattet, wie mir scheint, nicht, sie in eine der bekannten Gattungen dieser Familie einzureihen. Die Eigenthümlichkeit des Baues besteht darin, dass derselbe nicht aus einer einfachen ästigen Verzweigung, sondern aus zwei übereinander liegenden gleichmässig anastomisirenden Aesten besteht, und dass die Zellen ringförmig gruppirt sind. Die erste Eigenthümlichkeit soll nach King die Gattung *Phyllopora* besitzen, und der von Quenstedt¹⁾ abgebildete kegelförmige Kern der *Phyllopora Ehrenbergi* aus dem Zechsteindolomit hat eine ausserordentliche Aehnlichkeit mit Kernen unserer Art, welche den Abdruck der inneren Fläche des Stockes mit den im Quincunx stehenden Maschen zeigen, allein diese Gattung hat in zwei oder mehr Reihen geordnete röhrige Zellen. A. Römer²⁾ beschreibt aus den Calceolaschiefern des Harzes als *Fenestella concentrica* einen kegelförmigen Kern, dessen Abdruck der Innenseite einige Aehnlichkeit mit unseren Kernen zeigt, nur sind die Maschen in rechtwinkeligen Reihen geordnet und weiter auseinanderstehend. Da nur der Abdruck der inneren Seite des Stockes bekannt ist, so lassen sich keine weiteren Vergleiche anstellen.

Von den angeführten Eigenthümlichkeiten unserer Art ist die eine, die Doppelbildung der Aeste an einer anderen Gattung nicht mit Sicherheit, die andere, die ringförmige Gruppierung der Zellen um die Maschen überhaupt noch nicht beobachtet worden, ich halte desshalb für gerechtfertigt, eine neue Gattung anzunehmen, für welche ich die Bezeichnung *Entopora* wähle, abgeleitet von *ἐντός* drinnen, innerhalb.

Die nächst verwandte Gattung scheint *Phyllopora* King zu sein, deren Stücke trichterförmig, aus anastomisirenden Aesten mit rundmaschigem Netzwerk bestehen und vielleicht auch aus einer Doppellage von Aesten zusammengesetzt sind. Ein Unterschied liegt darin, dass bei *Phyllopora* die Zellen in Reihen in den äusseren Aesten liegen, bei *Entopora* ringförmig in den inneren Aesten.

¹⁾ Quenstedt, Korallen Seite 165. Taf. 149. Fig. 29.

²⁾ Römer, Beitr. Harz II. 1885, Seite 71. Taf. XI. Fig. 6.

Genus *Alveolites* Lamark.*Alveolites suborbicularis* Lam.

Taf. IV. Fig. 11, 12.

Calamopora spongites Goldf., Petr. Germ. I. S. 80. T. 28. F. 1.*Alveolites suborbicularis* Milne Edw. & Haime, Brit. foss. Cor. S. 219. T. 49. F. 1.

— Quenstedt, Petr. Kunde S. 46. T. 144. F. 57—60.

Der Stock kommt in Knollen und in kugelförmiger Ausbildung vor; die untere Fläche hat flache, etwas unregelmässig radial verlaufende Streifen, auf der oberen und den Seiten treten dicht gedrängte, schief gestellte halbmondförmige Mündungen auf. Das Innere des Stockes besteht aus dünnwandigen Röhren, welche keiner bestimmten Richtung folgen, vielmehr eine gewisse unregelmässige Lage haben und bei guter Erhaltung wenige horizontale Querböden zeigen.

Diese Art ist im Mitteldevon überall verbreitet.

Alveolites ramosus Goldf.

Taf. IV. Fig. 13.

Calamopora spongites, var. *ramosa* Goldf., Petr. Germ. I. S. 80. T. 28. F. 2.*Favosites reticulata* M. Ed. & H., Brit. foss. Cor. S. 215. T. 48. F. 1.*Alveolites ramosus* Quenst., Petr. Kunde. S. 50. T. 145. F. 4.

Von dieser Art wurden nur Bruchstücke gefunden, deren Formen mehr oder weniger darauf schliessen lassen, dass der Stock vorzugsweise astförmig sich entwickelt hat, dass aber Knollenbildung nicht ausgeschlossen ist. Die Mündungen sind im Gegensatz zur typischen *suborbicularis* scheinbar etwas erweitert, vollständige Mündungen sind nicht erhalten. An einem Exemplar lassen sich Spuren einer Kerbung des Kelchrandes erkennen, die Kerben bilden einen erhöhten Kranz um die Mündung. Die ziemlich dünnwandigen Röhren haben einen Durchmesser von durchschnittlich 0,8 mm, sie folgen schon mehr einer Richtung, obwohl die bei der *orbicularis* vorherrschende Unregelmässigkeit der Lage der Röhren immer noch vorhanden ist.

Nicht ebenmässig horizontale Querböden deutlich entwickelt. Die Verbindungsstellen der Böden und Röhrenwände sind etwas verdickt. Die Böden folgen sich in Abständen von 0,5—1 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Die von Goldfuss als *Calamopora spongites* var. *ramosa* bezeichnete Form wird von M. Edwards mit der *Alveolites reticulata* Blainville identificirt, allein nicht als eine *Alveolites* beschrieben, sondern als *Favosites reticulata*. Quenstedt bezeichnet die Goldfuss'sche Art als *Alveolites ramosus*. Mit der Beschreibung bei Goldfuss ist eigentlich nur die Angabe übereinstimmend, dass der Stock ästig ist und die Mündungen der Röhren verdickt sind. Auch an den Abbildungen bei Quenstedt und M. Edwards ist die Form der Mündungen eine verschiedene; bei Quenstedt unregelmässig, mehr in die Breite gehend, bei M. Edwards fast kreisrund. Die bei Goldfuss (F. 2f.) vergrössert abgebildeten Röhren haben Poren und sind durch Querlamellen verbunden, man müsste daher eher eine *Pavosites* vermuthen und ist mir nicht ganz zweifellos, ob die Hainauer Form auf die Goldfuss'sche Art zurückzuführen ist. Allein sie scheint mir identisch sowohl mit *Alveolites romosus* bei Quenstedt, wie mit *Pavosites reticulata* M. Edwards und gehört zweifellos zur Gattung *Alveolites*. Dieselbe Art findet sich auch bei Gerolstein in der Eifel.

Alveolites Battersbyi Miln. Edw. et H.

Taf. IV. Fig. 14, 15.

Alveol. Battersbyi M. Edw. & H., Brit. foss. Cor. 8. 220. T. 49. F. 2, 2 a.

Der Stock besteht aus eiförmigen Knollen von verschiedener Grösse, das kleinste Exemplar hat einen Durchmesser von 12:25 mm, das grösste erreicht 6:10 cm. Die senkrecht stehenden Kelche haben eine unregelmässige Form und Grösse von durchschnittlich 1 mm Durchmesser. Kerben sind in denselben nicht wahrzunehmen. Die scharfen Kelchränder stehen senkrecht zur Axe und geben der Oberfläche ein unregelmässig netzförmiges Aussehen.

Auf dem Querschnitt bilden die Röhren unregelmässige Vielecke mit spitzen oder abgerundeten Kanten, die Wände sind dünn, da dieselben jedoch nur selten genau horizontal durchschnitten werden, so bietet ein Querschnitt durch die Röhren und Böden das Bild aller möglichen Linien, welche sich nur durch einen Längsschnitt entziffern lassen. Auf letzterem stehen die Röhren unregelmässig garbenförmig, die Vermehrung derselben geschieht durch Spaltung der Wände, oder innerhalb der Zellen durch Auftreten einer neuen Wand in der Mitte der Mutterzelle.

Von den Wänden ragen ins Innere nach oben gekrümmte Dornen, welche sich in regelmässigen Abständen folgen. Auf jeder Seite liegen auf

1 mm Länge 3 dieser Dornen, sie alterniren und erstrecken sich bis über die Mitte des Raumes. Zwischen den Dornen treten in unregelmässigen Abständen horizontale Querböden auf.

Ziemlich häufig im Kalk der Grube Hainau.

Bemerk. Obgleich die vorstehende Beschreibung nicht vollständig mit derjenigen übereinstimmt, welche M. Edw. & Haine von A. Battersby geben, so ist dennoch die hier in mehreren gut erhaltenen Exemplaren gefundene Form mit der englischen Art vollständig übereinstimmend und beruhen die scheinbaren Verschiedenheiten offenbar auf ungenauen Beobachtungen der englischen Autoren. Nach letzteren sollen die Wände von grossen runden Löchern durchbohrt sein. Diese Löcher sind jedoch nichts anderes, als kleine Reste des Inneren einer durchschnittenen Röhre. Die Wände verdicken sich nämlich an der Stelle, an welcher die Dornen ansetzen, diese Stellen werden demnach bei einem Längsschnitt früher getroffen, wie der dazwischenliegende Theil der Wand und es muss dann nothwendig ein Bild entstehen, welches abwechselnd Stücke der Wand und des Inneren zeigen. Die Zeichnung bei M. E. (l. c. Taf. 49. F. 2a.) bringt vier nebeneinander liegende, unter sich vollständig verschieden aussehende Wände, welche Verschiedenheit offenbar darin beruht, dass an dem abgebildeten Längsschnitt nicht alle Wände genau in ihrer Mitte getroffen wurden und bei der Lage der Röhren überhaupt nicht getroffen werden können. Die beiden Wände links sind genau in der Mitte einer Röhre getroffen, die beiden folgenden Wände, welche sich nach oben verengen, zeigen oben nur noch einen kleinen Rest des inneren Raumes, genau so verhält es sich mit den beiden folgenden Wänden. Die runden Poren sind demnach keine Bestandtheile der Wand, sondern innere Röhrentheile, welche auf dem Bild desto kleiner werden und schliesslich nur einen Punkt darstellen, je weniger von dem Inneren einer Röhre bei einem Längsschnitt getroffen wurde.

Diese interessante, durch ihre Dornen ausgezeichnete Art wurde im englischen Mitteldevon bei Torquay gefunden, unter den Eifeler Alveoliten fand ich keine ähnliche.

Classe Brachiopoda.

Genus Productus Sowerby.

Productus subaculeatus Murchison.

Taf. V. Fig. 1.

<i>Productus subaculeatus</i>	Schnur, Brach. Eif. S. 228. T. 43. F. 4.
—	— Sandb., Rhein. Sch. Nass. S. 371. T. 34. F. 16.
—	— Kayser, Brach. Eif. S. 639.

Diese Art hat sich wohl häufig, aber immer in schlecht erhaltenem Zustand, gewöhnlich schon stark verwittert oder in Abdrücken beider Schalen gefunden. Die Ventralschale ist stark gewölbt, am Buckel angeschwollen, die Oberfläche mit welligen Anwachsstreifen und dornenförmigen Röhren bedeckt, welche am Steinkern als Pusteln erscheinen. Die Dorsalschale ist concav mit zahlreichen welligen Anwachsstreifen. Im Innern derselben zwei kleine ovale Eindrücke der Schliessmuskeln und ein bis zur Schalenmitte sich erstreckendes Medianseptum, auch die Ventralschale hat zwei ovale Muskeleindrücke. Unsere Exemplare entsprechen in der Grösse den Formen der Eifel und denen von Villmar.

Grube Hainau.

Die Art ist überall im Mitteldevon stark verbreitet.

Genus Chonetes Fischer.

Chonetes embryo Barr. ?

Taf. V. Fig. 2.

Chonetes embryo Barr., Syst. sil. Boh. V. 1879. Taf. 46. T. VII.

Der Umriss dieser sehr kleinen Muschel ist halbelliptisch, mit grösster Breite in der Schlosslinie. Es ist nur die Ventralschale erhalten, welche sehr stark gewölbt ist, mit einer vom Buckel ausgehenden kielförmigen Erhöhung in der Mitte und wenig ausgeschweiften Ecken, während der Stirnrand ein wenig spitz zuläuft. Die Schale ist mit etwa 30 verhältnissmässig starken Rippen bedeckt, welche im Ganzen einfach sind und nur hie und da dicho-

tomiren. Area ziemlich hoch, in der Mitte mit einem Pseudodeltidium versehen. Die röhrigen Stacheln der Schlosslinie sind nicht erhalten.

Länge 6, Breite 5,5 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. *Chonetes embryo* gehört den böhmischen Etagen E, F, G an. Die Form von Hainau würde nach Grösse und Ausbildung unbedingt mit der böhmischen Art vereinigt werden können, wenn die charakterisierenden Stacheln nicht fehlten, deren Zahl und Lage zur Unterscheidung der Arten doch wesentlich ist. Barrande hatte die Güte, mir seine Meinung darüber wie folgt mitzuteilen: „identité admissible, sauf les pointes de la charnière invisibles.“ Die Identität der von Kayser aus dem Harzer Kalk beschriebenen Form mit der böhmischen wird von Barrande nicht anerkannt (vergl. Barrande, *Brachiopodes, Etudes locales* Seite 317). Die geltend gemachten Unterschiede, insbesondere die nicht ausgeschweiften Ecken und die einfache Rippenbildung der Harzer Form, sind auch für die Unterscheidung unserer Art von letzterer zutreffend.

Genus *Orthis* Dalmann.

Orthis striatula Schloth.

Taf. V. Fig. 3, 4.

Orthis striatula Schnur, *Brach. Eif.* S. 215. T. 38. F. 1.
— — Kayser, *Brach. Eif.* S. 598.

Diese im Ganzen wenig variable Art findet sich in unserem Gebiet in typischer Ausbildung zwar ziemlich häufig, aber immer nur in kleineren Exemplaren. Der Umriss ist gerundet vierseitig, kreisrund bis queroval. Der gerade Schlossrand erreicht nicht die Breite des Gehäuses. Die immer etwas schwächer gewölbte Ventralschale hat eine freiliegende, schräg stehende Area mit dreieckigem Deltidium, der flachbogige Sinus verschwindet mitunter ganz. Die Dorsalschale ist die stärker gewölbte, sie hat eine kleine, senkrecht stehende Area. Die Oberfläche ist an sämtlichen Exemplaren mehr oder weniger abgerieben, feine Rippen sind jedoch deutlich wahrzunehmen. Abgeriebene Schalen zeigen deutlich die durch ein mittleres Septum getrennten, lang ovalen Muskeleindrücke der Dorsalschale.

Massverhältnisse:

Länge 16, Breite 16, Höhe 10 mm

" 17 " 18 " 8 "

Grube Hainau.

Bemerk. Unsere Exemplare bleiben im Vergleich zu den Eifeler Vorkommen klein, sie stimmen mit den Harzer Vorkommen aus dem Kalk des Klosterholzes¹⁾, insoweit die gegebenen Abbildungen einen Vergleich zulassen, (einen beschreibenden Text hat Kayser nicht beigegeben), sowohl in der Form, wie in der Grösse gut überein. Kayser hält die Harzer Form für wahrscheinlich identisch mit der böhmischen *Orthis resupinata* Mart., welche Barrande²⁾ früher als eine Varietät von *Orthis striatula* bezeichnete und in seinem neuesten Werk über die Brachiopoden Böhmens³⁾ durch *Orthis praecursor* ersetzt hat. Die Unterschiede zwischen der böhmischen und Harzer Form hat Barrande⁴⁾ bereits namhaft gemacht, sie bestehen in der sehr niedrigen Area und dem fast aufliegenden Schnabel, der sehr feinen concentrischen Streifung der Schale und der Verschiedenheit der Muskeleindrücke der böhmischen Form. Dieselben Unterschiede trennen auch unsere Form von der böhmischen *praecursor*.

Formenreihe der *Orthis circularis* Low.

Die Schwierigkeit, in der Formenreihe der *Orthis circularis* sich zurecht zu finden, zeigt sich weniger in der grossen Zahl von Namen, welche den verschiedenen Ausbildungen gegeben wurde, als ganz besonders in der grossen Zahl von Zwischenformen, welche die zur erwähnten Reihe gehörenden Arten verbinden und zu den vielfach vorkommenden Verwechslungen der einen mit der anderen Art Veranlassung gegeben haben. Wenn man die verschiedenen Formen nur als Varietäten einer einzigen Species betrachten will, so wird die Schwierigkeit der Unterscheidung damit nicht beseitigt, man hat dann Varietäten an Stelle der Arten zu vergleichen. Die Vergleichung und Beachtung der Muskeleindrücke führt auch nicht sicher zum Ziel, denn dieselben sind oft bei einer und derselben Art sehr verschieden.

Der beste Führer durch die erwähnte Formenreihe für die Vorkommen

¹⁾ Kayser, Dev. Harz, S. 188. T. 28. F. 9, 10.

²⁾ Naturw. Abh. II. S. 39. T. 19. F. 3.

³⁾ Barrande, Syst. sil. V. Brach. T. 58, 61, 125.

⁴⁾ Barrande, Brach. Et. loc. 1879. S. 306.

der Eifel bleibt Kayser¹⁾, welcher folgende 5 Arten unterscheidet: *Orthis opercularis* M. V. K., *O. tetragona* F. Römer, *O. Eiffiensis* Verneuil, *O. canalicula* Schnur und *O. venusta* Schnur. Von diesen Arten, welche zum Theil sehr häufige Vorkommen des Eifeler Kalkes sind, hat sich in unserem Gebiet nur die *Orthis canalicula* gefunden, von welcher eine Varietät *acuta* abzuzweigen für zweckmässig erachtet wurde, ferner die *Orthis arcuata* Sow. aus dem englischen Mitteldevon und wahrscheinlich *Orthis elegantula* Sow., welche beide letztere auch als Glieder dieser Reihe zu betrachten sind.

1. *Orthis canalicula* Schnur.

Taf. V. Fig. 5.

Orthis canalicula Schnur, Brach. Eif. S. 218. T. 45. F. 4.

— Kayser, Brach. Eif. S. 607. T. XIII. F. 4.

Umriss halbkreisförmig, breiter als lang. Der Schlossrand nimmt fast die ganze Breite der Muschel ein, während die grösste Breite wenig oberhalb der Mitte liegt. Beide Schalen sind gleich und mässig stark gewölbt. Die Ränder sind scharf. Die Ventralschale hat einen am Buckel beginnenden bis zum Stirnrand an Breite wenig zunehmenden flachen Kiel, der sich kaum über die Oberfläche erhebt, aber immer durch eine auf den Seiten liegende seichte Rinne deutlich markirt wird. Die Dorsalschale hat eine schmale vom Buckel bis zum Stirnrand laufende, sich wenig erweiternde sinusartige Depression. Die Area der Ventralschale steht schief und ist höher wie die mehr senkrecht stehende Area der Dorsalschale. Erstere hat eine dreieckige Stielöffnung. Die beiden Buckeln erheben sich wenig gekrümmt über die Area. Die Oberfläche hat zahlreiche, ungleich starke, scharfe Längsrippen, welche sich durch Spaltung oder Einsetzen neuer Rippen vermehren. Diese secundären Rippen bleiben immer schwächer, wie die ersteren, wodurch eine bündelförmige Gruppierung der Rippen bedingt wird. Die Rippen laufen auf der Mitte gerade, auf den Seiten biegen sie nach dem Schlossrand um. Zahlreiche concentrische Anwachsstreifen folgen sich in ungleichen Abständen. Ein präparirter Steinkern zeigt mit den Eifeler Exemplaren ziemlich gut übereinstimmende Muskeleindrücke.

Länge 13, Breite 15, Höhe 7 mm.

Bemerk. Die Art wurde in mehreren nicht vollständig erhaltenen

¹⁾ Kayser, Brach. Eif. S. 601.

Exemplaren im Kalk von Hainau gefunden; sie wird von Kayser als Leitform der Eifeler Crinoidenstufe betrachtet, in welcher sie nicht häufig vorkommt.

2. *Orthis canalicula*, var. nov. *acuta*.

Taf. V. Fig. 6, 7.

Der Umriss ist halbkreisförmig, querverlängert, der Schlossrand nimmt nicht die ganze Breite der Muschel ein. Die grösste Breite liegt in der Mitte, die grösste Höhe ein wenig oberhalb der Mitte, von da läuft das Gehäuse nach dem Stirnrand spitz zu. Die Ventralschale ist die stärker gewölbte, ohne eigentlichen Wulst, welcher nur durch stärkere Falten markirt ist, mit vorstehendem gekrümmtem Buckel, unter dem Schnabel eine ziemlich hohe, schiefstehende Area, mit dreieckiger Stielöffnung. Dorsalschale mit einem am Buckel beginnenden, nach dem Stirnrand breiter werdenden flachen Sinus ohne scharfe Begrenzung, welcher die Stirnkante in einem schwachen Bogen nach unten ablenkt. Dorsalbuckel wenig vorstehend, sich kaum über die Schlosslinie erhebend, die fast senkrecht stehende Dorsalarea sehr niedrig.

Stirn und Seitenränder sind meisselförmig scharf. Die Oberfläche ist mit dichtstehenden, scharfen, ungleich starken Rippen bedeckt, von den stärkeren Rippen sondern sich schwächere ab, wodurch, wie an der Hauptform, eine bündelförmige Stellung derselben entsteht. Auf der Mitte der Schalen liegen die stärkeren Rippen, zwischen welchen 1—2 schwächere liegen. Auf den Seiten nehmen die Rippen an Stärke ab und bestehen in der Nähe des Schlossrandes nur noch aus dicht stehenden, ausserordentlich feinen, nach dem Schlossrand gebogenen Rippchen. Zahlreiche Anwachsstreifen, welche eine etwas schuppige Structur zeigen, bedecken beide Schalen.

Länge 6, Breite 4, Höhe 2,5 mm.

Bemerk. Die beschriebene Form wurde zwar in unserem Gebiet nur in einem Exemplar gefunden, allein sie findet sich auch in der Eifel und unterscheidet sich, wenn auch durch Uebergänge verbunden, doch in mehrfacher Beziehung so wesentlich von der Hauptform, dass sie als gute Varietät betrachtet zu werden verdient.

Die Unterschiede bestehen darin, dass das Gehäuse flacher wie an der Hauptform ist, die Ventralschale ohne eigentlichen Wulst, nur die drei mittleren Rippen treten ein wenig stärker vor, der Sinus der Dorsalschale ist flach ohne kieförmige Begrenzung. Der Stirnrand ist bogig nach unten abgelenkt, die Rippen sind kräftiger, mit scharfer Rückenante. Stirn und

Seitenränder meisselförmig scharf. Die erwähnten Unterschiede bringen unsere Varietät in ausserordentlich nahe Beziehung zu der böhmischen *Orthis neglecta*, welche Barrande als eine Varietät der *occlusa* bezeichnet (vergl. Barrande Brach. Pl. 58, 61, 125). Uebereinstimmend ist der querverlängerte Umriss, der dünne und scharfe Aussenrand, der breite Sinus der Rückenschale, der gebogene Stirnrand, die Schärfe der Rippen, welche ungleich stark bündelförmig gruppiert sind. Allein die böhmische Form hat einen schwachen Sinus, auch auf der Ventralschale, und einen auf dem Schlossfeld aufliegenden Schnabel, so dass die Area kaum sichtbar wird. Kayser findet *Orthis neglecta* mit der *Orthis tetragona* F. Römer aus der Eifel verwandt. Eine gewisse Verwandtschaft haben alle zur Gruppe der *Orthis circularis* resp. *lunata* gehörende Formen. Allein wenn man schärfere Grenzen ziehen will, so kann kein Zweifel sein, dass die böhmische Form der *canalicula* näher steht wie der durch sehr zahlreiche feine Rippenbildung ausgezeichneten *tetragona*.

Die beschriebene Varietät scheint mir ein gutes Verbindungsglied zwischen den böhmischen und den mitteldevonischen Arten aus der Formenreihe der *Orthis circularis* zu bilden.

3. *Orthis arcuata* Phill.

Taf. V. Fig. 8.

Orthis arcuata Phill., Pal. foss. of Cornwall. Devon S. 64. T. XXVI. F. 107. 1841.

Orthis arcuata Davids., Mon. Br. Devon Brach. S. 93. T. XVII. F. 13—17.

Gehäuse ziemlich flach, von querovalen Umriss, Schlosslinie kürzer wie die Breite der Schalen. Ventralschale sehr schwach gewölbt, am stärksten am Buckel. Schnabel klein, nur wenig über den Schlossrand vorragend, Area niedrig. Dorsalschale schwach convex, mit grösster Höhe in der Mitte. Kanten scharf, Stirnrand sehr schwach nach oben abgelenkt. Oberfläche mit zahlreichen radialen mässig scharfen Rippen bedeckt, welche in ungleichen Abständen von den Buckeln nach dem Rand sich durch Theilung vermehren.

Länge 12, Breite 15, Höhe 5 mm.

Bemerk. Die beschriebene Art des englischen Mitteldevon wurde in zwei ein wenig abgeriebenen Exemplaren gefunden, welche immerhin eine sichere Bestimmung zulassen. Der Umriss ist vollständig übereinstimmend mit der *O. opercularis* der Eifel, letztere hat jedoch eine vollständig flache Dorsalschale und eine viel feinere Rippenbildung.

Orthis elegantula Dalm.?

Taf. V. Fig. 9.

Orthis elegantula Dalm., Barr. Syst. sil. Brach., 1879, Pl. 65.

Im Kalk der Grube Hainau haben sich mehrere stark verwitterte Exemplare einer *Orthis* gefunden, deren präparierte Steinkerne sehr gut mit denen übereinstimmen, welche Barrande auf Pl. 65 von der *Orthis elegantula* zur Abbildung gebracht hat.

Ich beschränke mich daher auf die Beschreibung dieser Kerne, welche so wohl erhalten sind, dass sie mit grosser Sicherheit auch auf die äussere Gestalt der Muschel schliessen lassen.

Der Umriss ist gerundet vierseitig, mit grösster Breite in der Mitte, beide Schalen gleich und mässig stark gewölbt, mit scharfen Rändern, der Stirnrand kann bemerkbar nach unten abgelenkt. Beide Schalen haben ihre grösste Höhe auf der vorderen Hälfte. Die Ventralschale hat einen schwachen Wulst, dem ein ebenso schwacher Sinus der Dorsalschale entspricht. Die Dorsalschale hat zwei lang ovale Ausfüllungen der Schliessmuskeln, die Ventralschale zeigt die Eindrücke der wenig divergirenden, starken Zahnstützen, zwischen welchen eine tiefe Einsenkung für die Schliessmuskeln liegt. Eindrücke von Rippen sind um den ganzen Rand sichtbar.

Massverhältnisse eines Steinkernes:

Länge 16, Breite 17, Höhe 7 mm.

Genus *Streptorhynchus* King.

Streptorhynchus? *lepidus* Schnur.

Taf. V. Fig. 10.

Orthis testudinaria Schnur, Brach. Eif. S. 212. T. 37. F. 3.

Orthis plicatella Schnur, Brach. Eif. T. 38. F. 4.

Orthis lepidus Schnur, Brach. Eif. S. 218. T. 45. F. 9.

Streptorhynchus? *lepidus* Kayser, Brach. Eif. S. 617. T. 14. F. 2.

Das Gehäuse hat fast halbkreisförmigen Umriss, wenig breiter wie lang und geraden Schlossrand, welcher ein wenig kürzer ist, wie die grösste Breite der Muschel. Die Ventralschale ist mässig gewölbt mit grösster Höhe in der Nähe des Buckels. Letzterer ist schwach gekrümmt und wenig vorstehend, indem seine beiden Seitenkanten unter einem sehr stumpfen Winkel zusam-

menstossen. Die Dorsalschale ist fast flach, mit einer mittleren Depression, welche als schmale Rinne am Buckel beginnt und sich bis zum Rand immer mehr erweitert. Die hohe Area der Ventralschale steht schräg und hat eine dreieckige Stielöffnung. Die Area der Dorsalschale ist schmal, hat auch eine kleine dreieckige Stielöffnung und ist, wie die der Ventralschale, schräg gestellt, so dass beide Areen unter einem stumpfen Winkel zusammenstossen.

Die Oberfläche ist mit scharfen Rippen bedeckt, welche sich nach dem Rand zu durch Einschiebung neuer vermehren. Sie haben eine fast radiale Anordnung, nur die seitlichen Rippen sind ein wenig gebogen.

Die vorliegenden Exemplare von der Grube Hainau sind kleiner wie diejenigen der Eifel.

Massverhältnisse:

Länge 7, Breite 8, Höhe 4 mm.

„ 5, „ 7, „ 3 „

Bemerk. Die beschriebene Form, welche bisher nur aus der Crinoidenstufe der Eifel bekannt war, hat Kayser mit Rücksicht darauf, dass ein Pseudodeltidium der Dorsalarea bis jetzt nicht beobachtet werden konnte, als einen zweifelhaften Streptorhynchus bezeichnet. An dem einen der hier gefundenen, im Ganzen bereits angewitterten Exemplare scheint ein Rest eines Pseudodeltidiums auch an der Dorsalschale erhalten zu sein.

Genus *Davidsonia* Bouchard.

Davidsonia Verneuli Bouchard.

Taf. V. Fig. 11.

Davidsonia Verneuli, de Koninck, Not. s. l. Genr. Davids. Taf. 1. F. 1. T. II. F. 1.

Davidsonia Bouchardiana de Koninck? Not. s. l. Genr. Davids. T. 1. F. 2. T. II. F. 2.

Davidsonia Verneuli Schnar, Brach. Eif. S. 219. T. 39. F. 4.

Davidsonia Verneuli Kayser, Brach. Eif. S. 632. T. XII. F. 9.

Von dieser Art sind nur zwei stark abgeriebene Exemplare gefunden worden, sehr flach, von querovalen Umriss mit abgerundeten Ecken. Die sehr gut erhaltene Area der Ventralschale ist mässig hoch, vorstehend und mit der Dorsalschale einen stumpfen Winkel bildend. In der Mitte erhebt sich eine breit dreieckige Stielöffnung, welche durch ein von einer mittleren Linie getheiltes Pseudodeltidium überdeckt ist, ausserdem hat die Fläche der Area auf beiden Seiten des Pseudodeltidium eine von der Schnabelspitze aus-

gehende scharfe Kante, welche die Area in zwei Theile, einen mittleren und einen äusseren, etwas mehr zurückgebogenen, theilt. Die Area ist quergestreift. Auch die Dorsalschale hat eine sehr schmale Area, welche in der Mitte sich etwas verbreitert, um ein kleines convexes Pseudodeltidium einzuschliessen. Auch dieses letztere besitzt eine markirte Medianlinie.

Zwei Exemplare massen:

Länge 12, Breite 17 mm.

„ 15, „ 21 „

Vorkommen: Eine zwar auf das Mitteldevon beschränkte, aber da überall auftretende Art.

Bemerk. Die erste Beobachtung einer Area mit Pseudodeltidium der Dorsalschale rührt von Kayser¹⁾ her; eine mittlere Linie wird jedoch von ihm nicht erwähnt, auch nicht abgebildet. Eine solche ist aber an dem mir vorliegenden Exemplar mit Sicherheit zu erkennen. Diese Beobachtung wurde bis jetzt nur an dem einen Exemplar von Hainau gemacht und möchte vielleicht Veranlassung geben, weitere Untersuchungen in dieser Beziehung anzuregen. Das Vorhandensein zweier Kanten auf der Fläche der Area der Ventralschale finde ich auch nirgends erwähnt, auch die vielen Abbildungen, insbesondere die von de Koninck (l. c. T. I. F. 1 b.) zeigen keine Spur solcher Kanten, trotzdem zweifle ich keinen Augenblick an der Identität unserer Exemplare mit der angeführten Art. Die Eifeler Vorkommen sind zwar in der Regel schlecht erhalten, allein ich habe dennoch, einmal darauf aufmerksam geworden, diese Kanten an einzelnen besser erhaltenen Exemplaren auch von dort erkannt, ebenso sind bei Quenstedt (T. 61. F. 103) neben dem Pseudodeltidium zwei Linien sichtbar, welche zwar im Text nicht erwähnt werden, die aber wohl nichts anderes als diese Kanten bedeuten, nur liegen sie dem Pseudodeltidium ein wenig näher, wie an unserem Exemplar. Eine in ähnlicher Weise aus zwei Theilen bestehende Area besitzt auch *Streptorhynchus umbraculum*, jedoch fallen hier die beiden Theile in eine Ebene und unterscheiden sich nur dadurch, dass der äussere Theil der Area grobe verticale Streifen hat, der innere äusserst feine, dicht stehende.

Schliesslich wäre noch zu bemerken, dass unsere Exemplare sowohl im äusseren Umriss mit der Abbildung bei de Koninck (T. I. F. 2a.) Uebereinstimmung zeigen, als auch in dem Vorhandensein eines Medianseptum, welches fast bis zur Stirn als schmale Leiste sichtbar ist, der Abbildung auf T. I.

¹⁾ Kayser, Brach. Eif. Seite 632.

F. 2d. entsprechen. Letzterer Abbildung entsprechende Formen, welche sich ausserdem noch durch ausgeschweifte Ecken auszeichnen sollen, trennt de Koning von der *D. Verneuili* als eine besondere Art, die *Davidsonia Bouchardiana*, ab. Da jedoch F. Römer und Kayser sich von der Existenz dieser Unterschiede nicht überzeugen konnten und die beiden Arten an denselben Fundorten und unmittelbar nebeneinander liegend vorkommen, so habe ich vorgezogen, unsere Exemplare mit der *D. Verneuili* zu vereinigen.

Genus *Skenidium* Hall.

Skenidium areola Quenst.

Taf. V. Fig. 12, 13.

Orthis areola Quenst., Brach. 8. 589. T. 57. F. 27.

Mystrophora areola Kayser, Brach. Eif. 8. 612. T. XIII. F. 5.

Skenidium areola Davidson, Mon. Br. foss. Brach. Suppl. 8. 49. T. 3. F. 11—14.

Das mässig grosse Gehäuse hat fünfseitigen Umriss, die Schlosslinie ist gerade, ein wenig kürzer wie die grösste Breite des Gehäuses. Schlossecken gerundet, der Stirnrand ist in der Mitte ein wenig eingebuchtet. Die Ventralschale mässig gewölbt, mit weit über die Dorsalschale vorragendem schwach gekrümmtem Schnabel. Die Area bildet mit den Seitenrändern einen Winkel von 130°, ist verhältnissmässig hoch, mit einer breiten, dreieckigen Stielöffnung. Dorsalschale wenig convex, mit einem am Buckel beginnenden flachen Sinus, dessen schwach wulstige Ränder nach der Stirn zu fächerförmig auseinander gehen. Die Oberfläche der Schale ist mit scharfen, ungleich starken Rippen bedeckt, welche sich durch Theilung vermehren. Schwache Anwachsstreifen treten erst in der Nähe des Randes auf. Eine Untersuchung des inneren Baues konnte an den beiden hier gefundenen, bereits in der Verwitterung begriffenen Exemplaren nicht vorgenommen werden.

Grube Hainau.

Massverhältnisse:

Länge 11, Breite 12, Höhe 6 mm.

„ 12, „ 15, „ 7 „

Bemerk. Die Gattung *Skenidium* wurde 1860 von Hall für eine amerikanische Form aus dem Mitteldevon errichtet, und von Davidson (l. c. S. 49) die spätere Gattung *Mystrophora* Kayzers damit identisch gefunden. *Skenidium areola* ist eine im Mitteldevon allgemein verbreitete, aber nicht häufig vor-

kommende Art. Man kennt sie aus der Eifel, aus dem englischen und dem belgischen Mitteldevon. Unsere Exemplare scheinen sich durch ihre Grösse auszuzeichnen. Die grössten Exemplare der Eifel erreichen nach Kayser eine Länge von 8 mm, bleiben demnach um $\frac{1}{3}$ kleiner wie die hier gefundenen. Die englischen erreichen nicht die Grösse der Eifeler Vorkommen, die Grösse der belgischen Exemplare ist mir nicht bekannt.

Die äussere Form der Muschel ist eine etwas schwankende, insbesondere ist die Länge der Schlosslinie variabel, die Schlossecken sind bald gerundet, bald ausgeschweift. Unsere Exemplare stimmen am besten mit der Abbildung bei Quenstedt überein, sie haben eine verhältnissmässig kurze Schlosslinie mit gerundeten Ecken. Die grösste Breite der Muschel liegt unterhalb der Mitte. Obleich an unseren Exemplaren nur ein Theil der Oberfläche erhalten ist, lässt sich doch die Beobachtung von Davidson constatiren, dass die Form der Rippen eine ungleiche ist, stärkere und schwächere wechseln mit einander ab. Ob die Area theilweise durch ein Pseudodeltidium geschlossen war, wie Davidson an englischen Vorkommen beobachtet hat, lässt sich nicht feststellen, weil an unseren Exemplaren Gesteinsmasse auf der Area aufsitzt, welche nicht entfernt werden konnte.

Genus *Orthisina* Orbigny.

Orthisina? *Hainensis* n. s.

Taf. V. Fig. 14—16.

Das Gehäuse hat querverlängerten, fast gleichmässig ovalen Unriss und stumpf pyramidale Gestalt. Die Schlosslinie ist kürzer wie die grösste Breite der Schalen, welche in der Mitte liegt, die Seitenkanten bilden mit dem Stirnrand einen flachen Bogen. Die grösste Höhe liegt unmittelbar hinter den Buckeln, von da nimmt die Wölbung nach der Stirn zu rasch ab, die beiden Schalen stossen an der Stirn unter einem sehr spitzen Winkel zusammen. Die Ventralschale erhebt sich mit schwacher Wölbung zu dem vorstehenden, spitzen, ein wenig gekrümmten Schnabel. Die hohe, ein wenig nach vorn übergebogene Area hat ein mässig breites überdecktes Deltidium. Die Dorsalschale ist in der Nähe des Buckels sehr stark gewölbt und verflacht sich gleichmässig nach unten und den Seiten. Der Buckel steht ein wenig über und hat unter sich eine schmale, schwach gebogene Area mit dreieckigem, überdecktem Deltidium, der Schalenrand ist scharf. Die Oberfläche hat starke,

stumpfe Rippen, welche durch schmale Zwischenräume getrennt sind. Die Vermehrung der Rippen geschieht durch Spaltung.

Der Abdruck eines präparierten Steinkernes zeigt in der Ventralschale zwei kurze, nur wenig convergirende Zahnplatten, welche eine tiefe Höhlung umschliessen, in deren Mitte ein schmales Medianseptum liegt, welches nach unten breiter wird und sich verflacht. Die Dorsalschale hat einen anscheinend wenig vorstehenden, einfach getheilten Schlossfortsatz mit zwei divergirenden Zahnplatten, welche bis über ein Drittel der Länge der Schale reichen und sich an ihren Enden hakenförmig nach innen umbiegen. Nahe am Schlossrand und mit diesem parallel laufend liegt auf jeder Seite ein schmaler, langer Schlosszahn. In der Mitte ein lanzetförmiger Eindruck der Schliessmuskeln.

Es wurden auf der Grube Hainau drei Exemplare dieser Art gefunden, welche mehr oder weniger gut erhalten sind, mit folgenden Dimensionen:

Länge	9,	Breite	11,	Höhe	7 mm.
"	11,	"	15,	"	8 "
"	13,	"	21,	"	9 "

Bemerk. Die beschriebene Form wurde als eine zweifelhafte *Orthisina* bezeichnet, weil innere und äussere Charaktere nicht vollständig dieser Gattung entsprechen. Die Muschel hat eine starke Querausdehnung, während die ächten *Orthisina* subquadratischen bis halbkreisförmigen Unriss haben. Die starken Zahnplatten der Ventralschale convergiren zwar und schliessen eine starke Vertiefung ein, aber sie vereinigen sich nicht, und das schmale Medianseptum liegt nicht in der Verlängerung, sondern zwischen den Zahnplatten. Die Muskeleindrücke der Dorsalschale könnten schon eher einer *Orthisina* entsprechen, es sind zwei Schlossfortsätze auf jeder Seite vorhanden, allein es fehlt das schwache Medianseptum und an dessen Stelle liegt ein schmaler, lanzetförmiger Eindruck des Schliessmuskels. Wenn somit auch keine volle Uebereinstimmung des inneren Baues unserer Muschel mit einer *Orthisina* besteht, so ist der Unterschied mit anderen, mit einem *Pseudodeltidium* versehenen Gattungen wie *Stromatopora* und *Streptorhynchus* noch grösser, denn diesen fehlen die starken Zahnplatten auf beiden Schalen, während die Eindrücke der Schloss- und Schliessmuskeln viel entwickelter sind.

Orthisina ist nach Zittel¹⁾ eine bis jetzt nur aus dem Untersilur bekannte Gattung, und unsere Muschel zeigt damit keine volle Uebereinstimmung, allein sie steht derselben doch, wie mir scheint, am Nächsten und mag deshalb vorerst der Gattung *Orthisina* als eine zweifelhafte Form eingereiht werden.

¹⁾ Zittel, *Palaeontol.* I, 1, S. 676.

Genus *Strophomena* Rafinesque.*Strophomena interstitialis* Phillips.

Taf. V. Fig. 17.

Leptaena interstitialis Schnur, Brach. Eif. 1873. S. 222. T. 41. F. 1.

— Davidson, Mon. Br. dev. Brach. 1865. S. 86. T. 18. F. 15—18.

Strophomena interstitialis Kayser, Brach. Eif. 1871. S. 621.

Der Umriss des Gehäuses ist zwar nicht vollständig erhalten, allein aus den vorhandenen Resten lässt sich schliessen, dass derselbe halbkreisförmig war. Der Schlossrand ist gerade, die Ventralschale ziemlich stark convex, die Dorsalschale entsprechend concav, der Zwischenraum der beiden Schalen sehr gering.

Ueber die Schale ziehen, vom Buckel auslaufend, etwa 25 scharfe Rippen, welche sich bis zum Rand, durch Einsetzung neuer, um die doppelte Zahl vermehren. Die mittleren laufen in gerader Linie, die seitlichen biegen sich, je näher dem Schlossrand gelegen, immer schärfer schon in der Nähe des Buckels um. Zwischen diesen stärkeren Rippen liegen äusserst feine fadenförmige Rippchen, deren Zahl zwischen 5—10 schwankt, die grössere Zahl liegt immer an der Stelle, wo eine neue Rippe sich einschleibt. Diese fadenförmigen Rippchen sind selbst auf den Steinkernen, wenn auch nicht so deutlich, sichtbar. Concentrische Anwachsstreifen treten nur vereinzelt auf.

Grube Rothe Erde.

Bemerk. Die Zahl der Strophomenen mit ähnlicher Rippenbildung ist sowohl im Silur wie im Devon eine grosse. Eine der beschriebenen Art sehr nahe stehende Form ist die *Strophomena taeniolata* Sandb. (Rhein. Sch. Nass. S. 360. T. 34. F. 11) der Cultrijugatuszone. Allein abgesehen davon, dass die Muskeleindrücke verschieden sind, ist auch die Schalenform nicht übereinstimmend. *Str. interstitialis* hat halbkreisförmigen Umriss mit gleichmässiger Wölbung vom Buckel bis zum Rand, und schwacher Umbiegung in der Nähe des letzteren, die grösste Höhe liegt in der Mitte. *Str. taeniolata* ist länger wie breit, bis über die Mitte der Schale nur schwach gewölbt. Die grösste Höhe liegt unter der Mitte, von da biegt sie nach dem Stirnrand in kurzem Bogen um, auch die Seiten sind schärfer umgebogen, wie an der *interstitialis*. Ferner hat die *taeniolata* viel enger stehende stärkere Rippen, deren man am Rande 140—150 zählen kann, während die Zahl der fadenförmigen Rippchen eine geringere ist, und unter der Loupe sehr deutlich erkennbare, feine, dichtstehende, concentrische Streifen, welche eine besonders

am Rande deutliche Gitterung veranlassen. Merkwürdiger Weise erwähnt Sandberger diese Streifen nicht, hält aber *Str. taeniolata* für identisch mit der böhmischen *Str. Phillipsi* Barr, an welcher feine concentrische Streifen sich ebenfalls beobachten lassen. Die von Sandberger ebenfalls mit *taeniolata* vereinigte *Str. Sedgwicki*, eine charakteristische Form der siebenten Stufe des rheinischen Unterdevon¹⁾ wird von Kayser mit Recht für eine selbstständige Art gehalten.

Strophomena Phillipsi des böhmischen Beckens ist eine in Umriss und Rippenbildung ausserordentlich variable Art, welche in ihrer Gesamtcharakteristik sich mit keiner der devonischen Formen vereinigen lässt.

Strophomena irregularis F. Römer.

Taf. V. Fig. 18—20.

Orthis irregularis F. Römer, Rhein. Uebergangsgeb. 8. 75. T. 4. F. 1.

Strophomena irregularis Kayser, Brach. Eif. 8. 624.

Diese seltene Art des Eifeler Kalkes wurde in mehreren mehr oder weniger schlecht erhaltenen Exemplaren gefunden, welche in ihrer Form und Grösse vollständig denen der Eifel entsprechen, deren Erhaltungszustand in der Regel auch sehr mangelhaft ist. Der Umriss der Muschel ist ein ausserordentlich schwankender, doch ist die Breite immer vorherrschend, mitunter sehr stark. Die gerundet rechteckige Ausbildung ist die vorherrschende, die Schleppen sind nur theilweise erhalten. Ein als Kern auf der Gesteinsmasse aufsitzendes Exemplar zeichnet sich durch dornförmige Verlängerung der Schlossecken aus. Die sehr gut erhaltenen Muskeleindrücke dieses Exemplares stimmen mit denen der *irregularis* vollständig überein und scheint mir deshalb hier das in dieser Beziehung einzig wohl erhaltene Exemplar dieser Art vorzuliegen, während an allen übrigen bis jetzt gefundenen Resten die schmalen Verlängerungen der Schlossecken abgebrochen sind. Die Ventralchale hat umgekehrt herzförmige Schlossmuskeln, in der Mitte durch die schmalen Eindrücke des Schliessmuskels getheilt und nicht der Länge nach lappig gegliedert, wie bei den meisten *Strophomeniden*, sondern mit schwach gebogenen Querstreifen bedeckt. Auch die Eindrücke der Schliessmuskeln sind schief gestreift. Die unregelmässigen Längsrippen sind auf dem Kern sichtbar, die ganze Fläche ist perforirt. Die Dorsalschale zeigt einen getheilten Schlossfortsatz und sehr schmale flache Eindrücke der Schliessmuskeln.

¹⁾ Vergl. Zeitschr. d. d. g. Bd. XXXV. S. 634.

Massverhältnisse:

Länge 45, Breite 70, Höhe 15 mm.

" 35, " 90, " 12 "

(mit verlängerten Schlossecken)

Länge 30, Breite 60, " 10 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. *Strophomena irregularis* kommt nach Kayser ziemlich selten in den Calceolaschichten und wahrscheinlich auch in dem Crinoiden-Niveau der Eifel vor, aus anderen Gegenden nicht bekannt.

Strophomena lepis Bronn.

Taf. V. Fig. 21.

Orthis lepis Bronn, *Lethaea* 1853, S. 87, T. II, F. 7.*Leptaena Narajoana* Schnur, *Brach. Eif.* S. 223, T. 41, F. 6.*Strophomena lepis* Kayser, *Brach. Eif.* S. 625.

Von dieser Art, welche sehr zahlreich in unserm Kalk vertreten ist, haben sich nur stark verwitterte Exemplare gefunden, welche zwar die Bildung der Oberfläche nicht mehr erkennen lassen, desto besser die innere Beschaffenheit der Schalen. Der Umriss ist halbkreisförmig mit vorherrschender Breite. Die Ventralschale ziemlich stark gewölbt, die Dorsalschale entsprechend concav. Die Area fein gekerbt. Das Innere der Ventralschale zeigt wenig Verschiedenheit von derjenigen der *St. irregularis*. Die umgekehrt herzförmigen Schlossmuskeleindrücke haben schwach gebogene Querstreifen und sind durch einen schmalen Eindruck des Schliessmuskel, geschieden. Die Muskeleindrücke der Dorsalschale haben eine stark productusähnliche Ausbildung. Die getheilten Schlossfortsätze stehen weit über, darunter befinden sich die durch eine mittlere schmale Leiste getrennten Schliessmuskeleindrücke, auf der Mitte der Schale, etwas weiter auseinandergerückt, nierenförmig gewundene Eindrücke. Beide Schalen sind stark perforirt.

Massverhältnisse:

Länge 12, Breite 22 mm.

" 12, " 20 "

" 13, " 17 "

Grube Hainau.

Bemerk. Unsere Exemplare bleiben in ihrer Grösse wenig hinter den Eifeler Exemplaren zurück.

Strophomena rhomboidalis Wahlenberg.

Taf. V. Fig. 22—25.

Leptaena depressa Schnur, Brach. Eif. S. 224. T. 42. F. 3.

Strophomena rhomboidalis Kayser, Brach. Eif. S. 619.

— — var. *Zinkeni* A. Römer, Kays. Dev. Harz S. 189. T. 29.
F. 19, 20.

— — Barr., Syst. sil. V. Brach. 1879 T. 41, 55, 97.

Diese Art hat sich nur in wenigen bereits angewitterten Exemplaren gefunden. An dreien derselben ist der Umriss des Gehäuses subquadratisch bis halbkreisförmig, das Schlossfeld ein wenig kürzer wie die grösste Breite der Schale, die Ecken sind nicht ausgeschweif, die Ventralschale ist am Rande knieförmig oder gar nicht umgebogen. Die Querrunzeln sind sehr stark entwickelt, regelmässig und dicht gelagert, die radialen Streifen wenig oder gar nicht vorhanden. Ein viertes Exemplar hat weniger zahlreiche und breitere Querrunzeln, zahlreiche radiale Streifen und ist etwas über halber Länge umgebogen.

Massverhältnisse:

Länge 16, Breite 22 mm.

„ 10, Breite 15 „

Grube Hainau.

Bemerk. Im Ganzen unterscheiden sich die vorliegenden Exemplare, mit Ausnahme des erwähnten vierten Exemplares, von den Formen der Eifel und von Villmar darin, dass sie kleiner bleiben und die radialen Streifen kaum sichtbar sind. Die Vorkommen im Kalk bei Greifenstein sind denen der Grube Hainau sehr ähnlich, sie haben dieselbe mässige Grösse, die Querrunzeln sind von gleicher Stärke, die Ecken nur unbedeutend ausgeschweif. Unter den Formen des Harzes ist von Kayser¹⁾ eine halbkreisförmige quer-verlängerte Ausbildung mit regelmässigen concentrischen Runzeln und schwachen Radialstreifen aus dem Kalk des Scheerenstieges, welche zuerst von Römer²⁾ als *Orthis Zinkeni* beschrieben und auch von Giebel³⁾ für eine selbstständige Art bezeichnet wurde, nur als eine Localvarietät der *rhomboidalis* erklärt worden. Dieser Form stehen unsere Exemplare von Hainau und, wie ich gleich hinzufügen will, auch von Greifenstein sowohl in Bezug auf Grösse wie Ausbildung am Nächsten. Daneben ist jedoch auch die typische Form

¹⁾ S. c. S. 189. T. 29. F. 19, 20.

²⁾ A. Römer, Verst. d. Harz. 1843. S. 10. T. 4. F. 8.

³⁾ Giebel, Sil. F. d. Unterh. S. 48.



des Mitteldevon, wie bereits erwähnt, durch ein Exemplar von der Grube Hainau vertreten.

Unter den Formen des böhmischen Becken finden sich vorzugsweise im Band e³ den unsrigen analoge Ausbildungen, welche weiter unten in der vergleichenden Zusammenstellung noch besonders bezeichnet werden sollen.

Strophomena anaglypha Kayser.

Taf. V. Fig. 26.

Strophomena anaglypha Kayser, Brach. Eif. S. 628. T. XIV. F. 3.

Nur die Ventralschale ist erhalten. Dieselbe ist klein von verlängert halbkreisförmigem oder rechteckigen Umriss, mit fast gleicher Länge wie Breite. Der Schlossrand gerade, der grössten Breite der Muschel fast gleichkommend, die Schlossecken ein wenig ausgeschweift. Grösste Breite etwas unter der Mitte. Der Schalenrand in seiner ganzen Ausdehnung umgebogen und schleppenartig herabhängend. Die Oberfläche flach, nur am Buckel ein wenig gewölbt, mit einer grösseren Zahl feiner Radialrippen bedeckt, welche sich durch Einsetzen neuer bis zum Rand auf 30 vermehren und deren Zwischenräume mit zahlreichen noch feineren Rippen ausgefüllt sind.

Länge 12, Breite 16, Höhe 2 mm.

Grube Rothe Erde.

Bemerk. Obgleich nur die Ventralschale erhalten ist, kann doch kein Zweifel sein, dass diese seltene Art der Eifeler Crinoidenstufe Kayser's sich auch hier gefunden hat. Acussere Form und Grösse stimmen vollständig überein, nur wäre möglich, dass die Zahl der stärkeren Rippen an unserem Exemplar geringer ist, wie an den Eifeler Vorkommen. Kayser hat die ungefähre Zahl derselben nicht angegeben, nach der Abbildung zu schliessen ist dieselbe an den Eifeler Exemplaren eine grössere.

Strophomena porrigata n. s.

Taf. VI. Fig. 1.

Das Gehäuse ist ausserordentlich schmal im Vergleich zur Länge. Der Umriss bildet ein ungleichseitiges Viereck, mit grösster Länge am Schlossfeld, einer mit letzterem parallel laufenden Stirn und schmalen, mit dem Schlossfeld einen spitzen, mit der Stirn einen stumpfen Winkel bildenden Seiten. Stirn und Seitenränder sind schleppenförmig verlängert und an der

Stirn in rechtem, an den Seiten in stumpfem Winkel umgebogen. Die Schlossecken sind ausgeschweift.

Es ist nur der Steinkern der Ventralschale und ein Theil der Schalenoberfläche erhalten. Das Schlossfeld ist fast in seiner ganzen Breite feinkerbt. Die Oberfläche sehr schwach gewölbt, fast horizontal. Vor der die Schleppe bildenden Kante liegt eine mit ihr parallel laufende schwache Einsenkung. Die Kante selbst ist vorstehend, mit kleinen wulstförmigen Unebenheiten, welche sich auf der Schleppe zu mehreren groben Falten entwickeln. Die umgekehrt breit herzförmigen Eindrücke der Schlossmuskeln und der zwischenliegende ovale Eindruck der Schliessmuskeln sind flach und glatt. Der übrige Theil der Schale ist mit dicht gedrängten, ein wenig unregelmässig verlaufenden radialen Linien und äusserst feinen zahlreichen Poren belect.

Die Oberfläche der Schale hat dicht stehende, ein wenig unregelmässig verlaufende Längsrippchen, welche am Buckel ausserordentlich fein beginnen und nach dem Rand an Breite ein wenig zunehmen, ausserdem hat dieselbe zahlreiche concentrische Falten, welche in der Nähe des Schlossfeldes klein und schmal, nach der Stirn zu an Breite und Höhe gleichmässig zunehmen.

Das Exemplar hat 20 mm Länge und 52 mm Breite.

Vorkommen: Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Art steht der *Str. irregularis* sehr nahe. Letztere unterscheidet sich durch vorstehende, breit gerundete Seiten, durch kürzere, ungefaltete Schleppe und breitere, weiter aneinanderliegende Längsrippen. Auch die Gefäss- und Muskeleindrücke sind sehr verschieden. Unter den böhmischen Formen zeigt *Stroph. insolita* Barr. (l. c. Pl. 52, I) aus dem Band f⁷ viele Aehnlichkeit mit unserer Art. *Stroph. insolita* hat jedoch verlängert halbkreisförmigen Unriss, kürzere Schlosslinie und keine vorstehende Stirnkante. Nach einer vergrösserten Abbildung der Schale (vergl. Pl. 52, I F. 4) hat dieselbe unter der Epidermis eine sehr feine concentrische Streifung, ob diese auch an unserer Art vorhanden, lässt sich nicht constatiren.

Strophomena rugosa n. s.

Taf. VI. Fig. 2.

Ogleich nur der unvollständige Abdruck der Oberfläche einer Ventralschale gefunden wurde, zeigt diese eine, von ähnlichen Arten so verschiedene Ornamentik, dass eine Beschreibung des gefundenen Restes doch gerechtfertigt

sein möchte. Die Form ist klein und mässig gewölbt, mit etwas verdicktem Buckel und wahrscheinlich halbkreisförmigem Umriss. Vom Buckel aus verbreiten sich über die Schale 7 sehr feine Rippen, strahlenförmig, auf der Mitte gerade, auf den Seiten etwas umgebogen, zwischen welche sich in ungleichen Abständen vom Buckel je eine sekundäre Rippe einschiebt. Die Zwischenräume sind mit ausserordentlich feinen, fadenförmigen Rippchen ausgefüllt. Die zwischen den stärkeren Rippen liegenden Felder sind ausserdem mit runzeligen Querfältchen bedeckt, welche in unregelmässigem Zickzack und unregelmässig concentrischer Richtung über die Schale laufen. Die gebrochenen Linien bilden einen nach dem Buckel gerichteten spitzen Winkel, welcher fast regelmässig zwischen den primären Rippen liegt, während die sekundären wenig Einfluss auf die Richtung der Fältchen ausüben.

Im Kalk der Grube Hainau gefunden.

Bemerk. Man kennt eine grössere Zahl der beschriebenen Art sehr ähnlicher Formen. Zunächst stehen *Strophomena corrugatella* Dav. (Sil. Brach. 1871. S. 301. T. 41. F. 8—14) aus dem englischen Untersilur und *Strophomena Stephani* Barr. (Vol. V. Brach. T. 40 u. 55) aus dem Band f² des böhmischen Becken. Unsere Form unterscheidet sich von beiden Arten durch die geringere Zahl der Längsrippen und darin, dass die Zickzacklinien der Fältchen viel länger sind und spitze Winkel bilden, während an der englischen wie böhmischen Art die Fältchen fast gleichmässige concentrische Lage haben und von den Secundärrippen in zwei kürzere Fältchen getheilt werden.

Unserer Art ähnlich ist ferner *Strophomena ziczac* Sandb. (Rhein. Sch. Nass. S. 365. T. 34. F. 7) von Villmar. Letztere hat halbmondförmigen Umriss und ist flacher. Es fehlen ihr, wenigstens nach der Beschreibung (ein Vergleichsexemplar liegt nicht vor), die feinen Längsrippen, denn von Sandberger werden die zwischen den Rippen liegenden Felder als flache Längsrippen bezeichnet. Ferner fehlen der Villmarer Art die feinen fadenförmigen Rippchen, die Querrippen sind kürzer und stossen unter einem stumpfen Winkel zusammen, während bei *Str. rugosa* die Querrippen untereinander einen spitzen Winkel bilden.

Strophomena conf. pecten Linné sp.

Taf. VI. Fig. 3.

Strophomena pecten Linné sp. Barrande, Syst. sil. V. Brach. 1879. Pl. 51, III.

Leider ist es nur das Bruchstück einer Schale, welches Veranlassung zu einer Beschreibung gibt. Es ist nur der grössere Theil der Dorsalschale

erhalten, ziemlich flach, mit einer sehr schwachen Wölbung, deren grösste Höhe in der Nähe des Buckels liegt. Der Umriss ist nicht erhalten, doch scheint die Schale etwas breiter wie lang gewesen zu sein, ohne ausgeschweifte Ecken. Vom Buckel strahlen etwa 25 Rippen aus, am Rand zählt man die doppelte Zahl, indem sich ungefähr auf der Mitte der Schale zwischen je 2 Rippen sich eine neue einschiebt, welche jedoch an Höhe und Breite viel schwächer bleiben, wie die Hauptrippen. Die Rippen heginnen ziemlich flach und nehmen nach dem Rand an Höhe, aber nicht an Breite fortwährend zu, so dass der Rücken der Rippe sich immer mehr als scharfe Kante hebt, die Zwischenräume zwischen den Rippen immer breiter und tiefer werden. Die Zwischenräume haben ein schwach concaves Profil und sind mit dichtstehenden schwachen Querrrippchen bedeckt, welche nicht über den Rücken der Rippen laufen, der letztere bleibt glatt.

An dem Buckel liegen zwei schmale, mit dem Schlossrand parallel laufende Zahnplatten.

Länge 20? mm, Breite 30 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Unter den zahlreichen Strophomenen mit der Bezeichnung *pecten*, welche in Vergleich gezogen werden können, findet sich keine einzige Form, welche mit unserem Exemplar vollständig übereinstimmt. Die grösste Aehnlichkeit besteht mit der angeführten böhmischen Form. Diese besitzt auch scharfkantige Rippen mit concaven Zwischenräumen, welche mit dichtstehenden Anwachsstreifen ausgefüllt sind, allein ein Unterschied besteht darin, dass an dieser die Rippen von gleicher Stärke sind und auch der Umriss nicht übereinzustimmen scheint. Die böhmische Form hat ausgeschweifte Ecken, welche unserem Exemplar zu fehlen scheinen.

Neben der angeführten *Anomia pecten* Linné (Syst. nat. Tom. I, Pars II, Seite 1152) finden sich noch in der Literatur verzeichnet: eine *Orthis pecten* Dalman (His. Leth. Succ. T. 20. F. 6), eine *Orthis pecten* Sowerby (Sil. Syst. T. 21. F. 9) und eine *Orthis pecten* v. Schloth. ? von A. Römer (Beitr. I. 1850. S. 56. T. IX. F. 1). Die beschriebene Form kann auf keine der zuletzt erwähnten Arten bezogen werden, weil letztere sich schon durch zahlreichere oder weniger kräftige Rippen unterscheiden, auch die Umrisse nicht immer übereinstimmen. Uebrigens scheinen die angeführten Formen nur Abänderungen einer Art zu sein, welche durch scharfkantige Rippen und zahlreiche concentrische Streifen der Oberfläche ausgezeichnet ist.

Genus *Leptaena* Dalmann.*Leptaena transversalis* Wahl. sp.?

Taf. VI. Fig. 4, 5.

Leptaena transversalis Wahl., Bar. Syst. sil. V. Brach. P. 50, II.

Mit einer kleinen Muschel aus der Grube Hainau kann nur eine zweifelhafte Bestimmung vorgenommen werden, weil nur Bruchstücke erhalten sind. Diese aus Schalenteilen und Steinkernen bestehenden Reste zeigen die grösste Aehnlichkeit mit der *Lep. transversalis*. Der Umriss ist nicht vollständig erhalten, scheint aber quer verlängert gewesen zu sein. Die Wölbung ist stark und zwar liegt die grösste Wölbung auf der vorderen Hälfte. Die Area ist fein gekerbt. Vom Buckel gehen 10 feine scharfe Rippen aus, welche über die Oberfläche hervorragten. Die Zwischenräume sind flach, in deren Mitte treten nach dem Rand zu secundäre Rippen auf, welche schwächer bleiben, wie die Hauptrippen, ausserdem ist der Raum mit ausserordentlich feinen dichtstehenden, nur mit der Loupe erkennbaren Längslinien ausgefüllt, deren man 18—20 zählt. Am Steinkern liegen die Rippen in ein wenig vertieften Rinnen, während die Zwischenräume flach gewölbt sind. Die Ventralschale hat zwei länglich ovale, in der Mitte und auf den Seiten von schmalen, tiefen Rinnen eingeschlossene Muskeleindrücke, die innere Rinne ist wohl der Abdruck eines kurzen Medianseptum. Die Schliessmuskeln der Rückenschale bilden zwei keilförmig mit ihrer Spitze nach hinten gerichtete Wülste, zwischen welchen der länglich ovale, in der Mitte mit einer Rinne versehene, nach vorne spitz zulaufende Eindruck der Schlossmuskeln liegt. Der vorstehende Schlossfortsatz ist gespalten.

Breite 15?, Höhe 5 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Unsere Exemplare erreichen kaum die mittlere Grösse der böhmischen Form, während die Rippenbildung vollständig übereinstimmend ist. Ob am Steinkern die Zwischenräume schwach gewölbt sind, lässt sich an den Abbildungen bei Barrande nicht erkennen. Die Muskeleindrücke zeigen einige Verschiedenheiten. Unser Vergleich bezieht sich nur auf die böhmische Ausbildung der *transversalis*, welcher Name auch eine Form des russischen und schwedischen Silur bezeichnet.

Eine unserer Art nahe stehende Form ist die *Str. subtransversa* Schnur

der Eifel. — Diese bleibt jedoch kleiner, hat zahlreichere in Rinnen liegende Rippen, ähnlich den Steinkernen unserer Art und keine feinen Längslinien in den Zwischenräumen, dagegen bei guter Erhaltung zahlreiche grobe Querstreifen.

Genus *Spirifer* Sowerby.

Spirifer concentricus Schnur.

Taf. VI. Fig. 6, 7.

- Spirifer concentricus* Schnur, Brach. Eif. S. 210. T. 37. F. 1.
 — *lineatus* Davidson, Mon. Br. Dev. Brach. S. 43. T. IV. F. 13—16.
 — *concentricus* Kayser, Brach. Eif. S. 580.

Das Gehäuse hat querovalen Umriss, der Schlossrand ist kürzer, wie die Breite der Schalen, die Schlossecken sind gerundet. Beide Schalen ziemlich stark und gleich gewölbt. Die grösste Höhe der Ventralschale in der Nähe des Buckels, Schnabel klein und stark gekrümmt, so dass die Area kaum sichtbar wird, ein Sinus kaum bemerkbar. Die Dorsalschale hat ihre grösste Wölbung auf der vorderen Hälfte, sie ist ohne Sattel. Der scharfe Stirrand fast gerade. Die Oberfläche ist an einem Exemplar mit sehr feinen, dicht stehenden concentrischen Streifen, an dem andern mit etwas gröberen Streifen bedeckt.

Massverhältnisse:

Länge 9, Breite 12, Höhe 8 mm.

„ 7, „ 8,5, „ 5 „

Bemerk. Dieser im Eifeler Kalk so ausserordentlich häufig vorkommende *Spirifer* hat sich nur in wenigen Exemplaren auf den Gruben Hainau und rothe Erde gefunden und zwar in der weniger häufigen querovalen Ausbildung.

Spirifer curvatus Schloth.

Taf. VI. Fig. 8—11.

- Spirifer curvatus* Schnur, Brach. Eif. S. 208. T. 36. F. 3, g, b, i.
 — — Davidson, Mon. Br. Dev. Br. S. 39. T. 4. F. 29—32.
 — — Quenst., Brach. S. 277. T. 52. F. 27.
 — — Kayser, Brach. Eif. S. 577.

Das Gehäuse hat querovalen bis fast kreisrunden Umriss, doch ist die Breiteausdehnung die vorherrschende. Die Schlosslinie ist kürzer als die

grösste Breite der Muschel, die Schlossecken sind gerundet und beide Klappen ziemlich gleichnässig stark oder weniger stark gewölbt. Die Ventralschale hat einen gekrümmten spitzen Schnabel, unter welchem eine in ihrer Höhe sehr schwankende Area mit grossem dreieckigem Deltidium liegt. An einigen Exemplaren bemerkt man auf der Area eine von Schnur auch an Eifeler Formen beobachtete, aus unter rechtem Winkel sich kreuzenden Linien bestehende Streifung. Der in der Schnabelspitze beginnende flache Sinus ist anfangs schmal, erweitert sich jedoch nach dem Stirnrand immer mehr und greift nur wenig in die Dorsalschale ein. Letztere hat einen angeschwollenen, über eine schmale Area sich erhebenden Buckel und ist nach Stirn und Seiten gleichnässig gewölbt, mit grösster Höhe in der Mitte. Der Wulst erhebt sich in der Regel nur wenig über die Fläche und wird überhaupt mit wenig Ausnahmen erst in der Nähe des Randes sichtbar. Die Oberfläche ist zwar an allen Exemplaren stark abgerieben, allein die concentrische Streifung ist doch immer mehr oder weniger deutlich sichtbar. Die nur wenig divergirenden Zahnstützen der Ventralschale reichen weit ins Innere, zwischen denselben liegt ein langes Medianseptum.

Verschiedene Exemplare massen:

Länge	13,	Breite	15,	Höhe	10 mm,	hohe Form,
"	22,	"	30,	"	15 "	" "
"	25,	"	29,	"	17 "	" "
"	10,	"	14,	"	5 "	flache "
"	12,	"	17,	"	7 "	" "

Vorkommen: Gruben Hainan und rothe Erde.

Bemerk. Die typische Eifeler Ausbildung mit hohem Sattel und breitem Sinus, welcher mit spitzbogiger Zunge tief in die Dorsalschale eingreift, kommt nicht vor, dagegen findet sich die flache Abänderung mit fast kreisförmigem oder lang querovalen Umriss, nur schwachem Sinus und Sattel sehr häufig. Die Höhe der Area ist eine sehr schwankende, an einigen Exemplaren erreicht dieselbe die doppelte Höhe der typischen Form, an anderen bleibt sie sehr niedrig. Die flache Abänderung kommt in der Eifel selten vor, Schnur erwähnt dieselbe nicht, nur ein von Quenstedt (Brach. T. 52. F. 27) abgebildetes Exemplar zeigt diese Ausbildung, dagegen stimmen viele unserer Exemplare mit den Formen aus dem englischen Mitteldevon (vergl. Davidson T. IV. F. 29—32) sehr gut überein.

Spirifer simplex Phill.

Taf. VI. Fig. 15, 76.

- Spirifer simplex* Phill., Pal. Foss. S. 71. T. 29. F. 124.
 — *pyramidalis* Schnur, Brach. Eif. S. 207. T. 36. F. 1.
 — *nudus?* Schnur, Brach. Eif. S. 208. T. 36. F. 2.
 — *simplex* Sandb., Rhein. Sch. Nass. S. 324. T. 32. F. 10.

Von einer eingehenden Beschreibung dieser Art kann wohl abgesehen werden, weil die hier gefundenen Exemplare genau mit der typischen Form übereinstimmen. Die Area steht senkrecht zur Dorsalschale oder ist etwas zurückgebogen, der Wulst der Dorsalschale bald mehr, bald weniger deutlich entwickelt. Zu bemerken ist die grosse Häufigkeit der Vorkommen in unserem Kalk. Dabei erreichen einzelne Exemplare eine Grösse, wie sie in den Eifeler Kalken nur als Seltenheit sich finden. Diese Erscheinung ist auffallend, weil das Niveau der grössten Entwicklung dieser Art das Oberdevon sowohl in Deutschland wie in England ist.

Massverhältnisse:

Länge	27,	Breite	36,	Höhe	32 mm,
"	23,	"	31,	"	20 "
"	10,	"	13,	"	6 "

Grube Hainau und Grube Rothe Erde.

Spirifer Urii Flemming.

Taf. VI. Fig. 12—13.

- Spirifer inflatus* Schnur, Brach. Eif. S. 20. T. 37. F. 2.
 — *Urii* Davidson, Mon. Br. Dev. Brach. S. 41. T. 4. F. 25—28.
 — *Urii* Barrande, Syst. sil. V. Brach. T. 1. F. 9, 10.

Das kleine Gehäuse hat querovalen bis kreisrunden Umriss, mit vorherrschender Breite. Die Schlosslinie ist kürzer wie die Breite des Gehäuses. Die Schlossecken sind gerundet. Ausgewachsene Exemplare haben eine ziemlich stark gewölbte Ventralschale, mit grösster Wölbung auf der vorderen Hälfte. Der stark angeschwollene Schnabel ist mehr oder weniger gebogen, so dass die unter demselben befindliche kleine Area mit dreieckiger breiter Stielöffnung bald mehr, bald weniger sichtbar wird. Eine sinusartige Depression, welche entweder über die ganze Schale läuft oder erst in der Nähe der Stirn auftritt und den Stirnrand nur wenig ablenkt, ist nicht immer

vorhanden. Die Dorsalschale ist flach, mässig gewölbt, bei höherem Alter stark gewölbt, mit einer wulstigen Anschwellung am Buckel. Eine kleine Area ist nur in seltenen Fällen zu beobachten. Eine Depression auf der Mitte der Schale öfter vorhanden, in diesem Fall ist der Stirnrand wenig nach unten abgelenkt. Beide Schalen stossen an der Stirn immer unter einem spitzen Winkel zusammen, die Kanten sind scharf. An der grösseren Zahl der Exemplare sind beide Schalen glatt, mit wenigen, in unregelmässigen Abständen folgenden schwachen Anwachsstreifen. Nur selten zeigt sich eine feine concentrische Streifung der Oberfläche. — Junge Individuen dieser Art erinnern sehr an die Form des *Spirifer simplex*, indem die Dorsalschale vollständig flach ist, die Ventralschale aber spitz pyramidal gebaut und unter dem wenig gebogenen Schnabel ein langes schmales Deltidium gelegen ist. Mit zunehmendem Alter krümmt sich der Schnabel immer mehr, das Deltidium wird immer kleiner und ist schliesslich kaum mehr sichtbar.

Massverhältnisse:

Länge	8,	Breite	10,	Höhe	5,5 mm,
"	12,	"	11,	"	6 "
"	13,	"	12,	"	8 "
"	17,	"	16,	"	9 "

Vorkommen: Gruben Hainau und rothe Erde sehr häufig.

Bemerk. Die beschriebene Art hat eine ausserordentlich grosse verticale Verbreitung. Sie findet sich zuerst im böhmischen Band f¹, dann im Mittel- und Oberdevon von Europa sehr häufig, im Kohlenkalk bis in permische Schichten. So ausdauernde Arten zeigen in ihrer Ausbildung in der Regel schon lokale Schwankungen, wie sich aus vorstehender Charakteristik unserer Muschel ergibt. Wenn auch manche Unterschiede durch das Alter der Individuen bedingt sind, so kommen doch in gleicher Grösse vollständig kugelige und ziemlich flache Formen vor, sinusartige Depressionen fehlen gerade so häufig, wie sie vorhanden sind. Ebenso finden sich glatte und gestreifte Oberflächen.

Als Unterscheidungsmerkmale für die verschiedenen Verbreitungsgebiete könnten folgende angeführt werden. Die älteren böhmischen Formen sind glatt, mit einem schwachen Wulst der Dorsalschule. Schon im Kalk bei Greifenstein hat sich ein Exemplar mit feinen Anwachsstreifen gefunden, während ein schwacher Wulst der Dorsalschale noch an die böhmische Form erinnert. In unserem Kalk finden sich noch vorzugsweise glatte Formen, wäh-

rend ein Wulst der Dorsalschale an keinem Exemplar mehr zu finden ist, vielmehr öfter eine schwache Depression an der Stirn. In der Eifel sind gestreifte und mit Furchen auf beiden Schalen versehene Exemplare vorherrschend, eine Ausbildung, welche derjenigen aus der Kohlenformation entspricht.

Spirifer indifferens var. obesa Barr.?

Taf. VI. Fig. 17.

Spirifer indifferens Barr., böhm. Br. 1847. S. 159. T. XVI. F. 5.

— — var. *obesa* Barr., Syst. sil. V. Br. 1879. T. III. F. 6.

Das Gehäuse hat gerundet fünfseitigen Umriss von gleicher (?) Länge wie Breite und bedeutender Höhe. Die Ventralschale ist stärker gewölbt wie die Dorsalschale, hat ihre grösste Höhe am Buckel, einen vorstehenden stark gekrümmten Schnabel und unter demselben eine mässig hohe dreieckige Area. Ein mässig tiefer Sinus beginnt schmal am Schnabel und nimmt bis zur Stirn an Breite zu. Die Dorsalschale wölbt sich bereits in der Nähe des Buckels und steigt bis zur Stirn nur wenig an. Ein schwacher flacher Wulst zeigt sich erst in der Nähe der Stirn. Seiten und Stirnrand sind scharf, die nur an einer kleinen Stelle erhaltene Oberfläche hat feine Radialstreifung, der Kern hat in der Nähe des Randes wenige flache Anwachsringe.

Bemerk. Das vorliegende Exemplar ist nicht vollständig genug erhalten, um mit Sicherheit die Zugehörigkeit zu dem Sp. indifferens des Bandes f³ annehmen zu können. Allein da auch die Greifensteiner Varietät *elongata* des indifferens sich im Kalk der Grube rothe Erde gefunden hat, so spricht die Wahrscheinlichkeit sehr dafür, dass auch diese Varietät der Stammform in unserm Kalk vorkommt.

Unser Exemplar zeigt unter den von Barrande zur Abbildung gebrachten böhmischen Exemplaren die meiste Aehnlichkeit mit dem Sp. *obesus* auf T. XVI. F. 5 vom Jahr 1847, während ein zweites Exemplar auf T. III. F. 6 vom Jahr 1879 eine stärker gewölbte Dorsalschale hat. Auch im Greifensteiner Kalk¹⁾ kommen Formen des indifferens vor, welche sich sehr der var. *obesa* nähern.

¹⁾ Maurer, Kalk 6. Greif. 1880. S. 56.

Spirifer indifferens Barr., var. elongata Maur.

Taf. VI. Fig. 18.

Spirifer indifferens Barr., var. *elongata* Maur., Kalk b. Greif. S. 55. T. IV. F. 3, a, b, c.

Das Gehäuse hat gerundet fünfseitigen Umriss, ist länger wie breit und von nussförmiger Gestalt, indem beide Schalen im Verhältniss zur Breite eine beträchtliche Höhe haben. Die grösste Breite liegt in der Mitte, Schlosslinie kurz und gebogen. Die gewölbte Ventralschale hat ihre grösste Höhe in der Nähe des Buckels, welcher sehr hervorragend ist, einen stark gekrümmten Schnabel und unter demselben eine ein fast gleichseitiges Dreieck bildende Area. Ein an der Schnabelspitze beginnender Sinus erweitert sich gleichmässig bis zum Stirnrand und greift zungenförmig in die Dorsalschale ein, er ist flach und beiderseits von einem schwachen Kiel begrenzt, die Seiten bilden vom Rückenkiel bis zum Seitenrand eine schwach gewölbte Fläche. Die Dorsalschale ist am Buckel stark gewölbt und hält sich dann bis zur Stirn in gleicher Höhe. Der zungenförmige Sinus der Ventralschale bewirkt einen auf der Mitte der Schale beginnenden Wulst, von welchem aus die Schale nach den Seiten ziemlich steil abfällt. Auf beiden Seiten von Sinus und Wulst liegen 2—3 schwache Falten. Die Kanten sind scharf. Die nicht vollständig erhaltene Oberfläche zeigt zahlreiche concentrische Anwachsstreifen, welche auf der zweiten Hälfte der Schale kräftiger werden. Zwei starke Zahnstützen der Ventralschale divergiren nur unbedeutend.

Länge 23, Breite 21, Höhe 18 mm.

Vorkommen: Grube rothe Erde.

Bemerk. Das einzige hier gefundene Exemplar ist etwas grösser wie die Form von Greifenstein, doch stehen die Dimensionen genau in demselben Verhältniss. Unterschiede zeigen sich darin, dass die Form von Waldgirmes schwache Rippen auf den Seiten hat, die Greifensteiner glatt ist. Allein auf diese Ungleichheit ist kein grosser Werth zu legen, weil auch der böhmische *indifferens* ohne und mit Seitenrippen vorkommt, welcher letztere von Barrande mit var. *transiens* bezeichnet wird.

Der einzige Unterschied, welcher vielleicht Bedenken erregen könnte, ob die *elongata* als eine Varietät des *indifferens* zu betrachten sei, ist das Fehlen der sehr feinen Querstreifen. Allein möglicher Weise liegt dies nur im Erhaltungszustand, denn an den meisten Exemplaren des *indifferens* sind sie auch nicht zu sehen, oder wenn überhaupt ohne Querstreifen, so müsste darin eine Verschiedenheit von der böhmischen Ausbildung angenommen werden.

Spirifer gibbosus Barr.

Taf. VI. Fig. 19, 20, 21.

Spirifer gibbosus Barr., Syst. sil. V. Brach. Pl. II. F. 7, 8.

Das Gehäuse hat einen halbelliptischen Umriss, breiter als lang. Der Schlossrand ist von der Breite der Muschel oder ein wenig kürzer, die Schlossecken sind gerundet. Die Area ist ziemlich hoch und nach vorne gebogen. Die dreieckige Stielöffnung verhältnissmässig breit. Beide Schalen stark gewölbt; die Ventralschale etwas mehr noch wie die Rückenschale. Von dem Buckel der Ventralschale zieht ein nach der Stirn breiter werdender flachbogiger Sinus, welcher tief in die Rückenschale eingreift, und dem ein flachbogiger Sattel der Rückenschale entspricht. Der Sinus liegt zwischen zwei starken Falten, neben welchen zwei kleinere Falten liegen, von denen eine nur schwach entwickelt ist, oder auch ganz fehlt. Jeder Falte der Ventralschale entspricht eine Furche der Rückenschale, deren Ränder an den Seiten stark zickzackförmig ineinander greifen. Die Oberfläche hat zahlreiche, ein wenig schuppig übereinander liegende regelmässige Anwachsstreifen, welche der Zickzackform des Randes entsprechend über den Rücken des Wulstes und der Falten bogig nach vorne und über den Sinus und die Furchen in nach der Stirn convexen Bogen verlaufen. Die Anwachsstreifen sind bei gutem Erhaltungszustand mit dicht stehenden Längsstreifen bedeckt, welche denselben ein gefranztes Ansehen geben. In der Nähe des Randes nehmen diese Streifen an Stärke etwas zu. Der innere Bau ist unbekannt. Schalenstructur nicht punktirt.

Vorkommen: Gruben Hainau und rothe Erde.

Dimensionen: Länge 8, Breite 9, Höhe 7 mm.

" 12,	" 15,	" 10 "
" 15,	" 18,	" 12 "

Bemerk. Unsere Exemplare bleiben etwas kleiner wie die böhmischen Ausbildungen, zeigen aber, soweit ein Vergleich nach Abbildungen eine sichere Bestimmung zulässt, im Uebrigen keine wesentlichen Unterschiede. Die Zahl der Falten scheint an der böhmischen Form mitunter eine grössere zu sein (3 auf jeder Seite), oder wenigstens die zunächst der Schlosslinie gelegene Falte etwas stärker entwickelt. Ein etwas gedrücktes, sonst gut erhaltenes Exemplar, welches Barrande zum Vergleich vorlag, erhielt ich mit folgender Bemerkung zurück: „Identité admissible, la difference apparente dans l'épaisseur de la coquille et le relief des plis s'expliquent par la compression“. Besser erhaltene Exemplare kamen später in meinen Besitz.

Var. nov. *extensa*.

In den Kalken der Gruben Hainau und rothe Erde haben sich mehrere von der typischen Stammform durch Längenausdehnung abweichende Ausbildungen gefunden, welche eine unserem Gebiet eigenthümliche Varietät bilden. Das Gehäuse hat querverlängerten Umriss, mit abgerundeten Eckkanten, im Uebrigen in der Ausbildung mit der typischen Form übereinstimmend. Beide Klappen gleich und mässig stark gewölbt. Schnabel mässig gross, ein wenig gekrümmt. Der Sinus der Ventralschale beginnt am Schnabel, entwickelt sich bis zur Stirn zu ziemlicher Tiefe und Breite und greift zungenförmig in die Dorsalschale ein. Die denselben begrenzenden Falten haben hohe Kanten, auf beiden Seiten liegen zwei schwächere Falten. Der Sattel der Dorsalschale ist hoch, mit flachem Rücken und von zwei tiefen und breiten Furchen eingeschlossen, auf jeder Seite liegen zwei schwächere Falten. Die Oberfläche hat regelmässige Anwachsstreifen, über welche, wie an der Hauptform, Längsstreifchen laufen.

Grube Hainau und rothe Erde.

Dimensionen: Länge 9, Breite 13, Höhe 7 mm.

"	12,	"	17,	"	9 "
"	13,	"	20,	"	12 "

Bemerk. Stark gerippte Spiriferinen mit blättrigen Anwachsstreifen und von ähnlichem Bau finden sich in zahlreichen Arten vom Silur bis zur Kohlenformation. Es war daher die Bestimmung der Formen unseres Kalkes nicht so leicht auszuführen, zumal die innere Beschaffenheit der Schalen nicht zu ermitteln war, demnach es zweifelhaft bleibt, ob die Art zu Spirifer oder Spiriferina gehört. Der einzige Anhaltspunkt zur Bestimmung der Gattung liegt darin, dass die Schalenstructur nicht punktirt, wie bei den Spiriferinen, sondern faserig ist; es ist daher anzunehmen, dass die Gattung Spirifer vorliegt. Unter den Spiriferen steht aber unsere Art dem böhmischen Spirifer gibbosus aus dem Band e² am nächsten. Die Unterschiede wurden bereits oben hervorgehoben. Nach den Abbildungen bei Barrande hat Spirifer gibbosus sehr regelmässige dichtstehende Radiallinien auf den Anwachsstreifen, diese Regelmässigkeit zeigen unsere Exemplare nicht, allein es ist mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dass die Unterschiede in dem Erhaltungszustand letzterer liegen.

Von ähnlichen devonischen Arten sind zu erwähnen:

1) *Spiriferina? aculeata* Schnur. Diese Art unterscheidet sich durch das Vorhandensein von starken Längsleistchen auf den Anwachsstreifen. Auch greifen Falten und Furchen nicht so stark zickzackförmig ineinander, und sind die Falten mehr nach den Seiten ausgeschweift.

2) *Spiriferina? insculpta* Phill. (Dav. Mon. Br. dev. Br. T. 6. F. 16, 17.) Bei dieser Art sind die Seitenfalten gleichmässig stark, während bei *gibbosus* die dem Sinus zunächst liegende Falte sich durch ihre Grösse auszeichnet. Der Sinus der Ventralschale senkt sich nicht so tief in die Dorsalschale, Falten und Furchen greifen nicht so stark zickzackförmig ineinander. Eine Ausnahme macht das von Davidson Mon. Dev. Brach. Suppl. 1882. T. I. F. 32 abgebildete Exemplar von Lummaton. Dasselbe besitzt auch eine stark gewölbte Ventralschale, einen tief einschneidenden Sinus und zickzackförmig ineinander greifende Rippen. Die äussere Form ist mit unserer Art vollständig übereinstimmend, nur fehlen ihr die Längsstreifchen.

3) *Spiriferina lima* Quenstedt (Brach. S. 487. T. 52. F. 58) aus dem Eifeler Kalke hat 4—5 gleichmässig starke Falten, Sinus und Wulst sind nicht so stark entwickelt, und die Anwachsstreifen sind mit Wärcchen besetzt. Eine Übereinstimmung ist demnach nicht vorhanden.

Spirifer canaliferus Valenciennes.

Taf. VII. Fig. 1.

Spirifer aperturatus Quenst., Brach. 8. 501. T. 53. F. 43—45.

— *canaliferus* Schaur., Brach. Eif. 8. 206. T. 35. F. 5.

Es ist nur ein einziges, nicht mehr vollständiges Exemplar dieser Art gefunden worden. Das Gehäuse hat ovalen Umriss, die Länge übertrifft nur um wenig die grösste Breite, welche ein wenig unter der Schlosslinie liegt. Grosse Schale stark gewölbt mit hoher Area, die dreieckige Stielöffnung ist ziemlich breit. Der durch scharfe Kanten begrenzte Sinus ist nur mässig tief, greift aber zungenförmig in die kleine Schale ein, welche weniger gewölbt wie die grosse Schale ist und auf deren Mitte sich ein am Buckel schmal beginnender, bis zum Stirnrand an Höhe und Breite gleichmässig zunehmender Wulst sich erhebt. Die Oberfläche ist mit zahlreichen, flach gerundeten Falten bedeckt, man zählt 15 auf den Seiten und 9 auf Sinus und Wulst.

Länge 27, Breite 28, Höhe 16 mm.

Grube Rothe Erde.

Bemerk. Die hier gefundene Form unterscheidet sich von der typischen Bensberger durch eine etwas niedrigere Area, steht derselben aber im Uebrigen näher, wie die Eifeler Formen dieser Art, welche sich durch grössere Breite des Unrisses und geringere Zahl der Falten auszeichnen.

Genus *Spiriferina* d'Orbigny.

Spiriferina? *macrorhyncha* Schnur.?

Taf. VII. Fig. 2.

Spirifer macrorhynchus Schnur, Brach. Eif. S. 209. T. 36. F. 3, 4.

Spiriferina? *macrorhyncha* Kayser, Brach. Eif. S. 590. T. XII. F. 5.

Es ist nur das Bruchstück einer Ventralschale mit anhängendem Rest der Dorsalschale erhalten, welches dieser Art anzugehören scheint. Das Gehäuse war breiter wie lang, die Ventralschale hat einen ziemlich flachen, beiderseits von einem stumpfen Kiel begrenzten Sinus, welcher den Stirnrand in flachen Bogen ablenkt. Die Oberfläche ist abgerieben, es sind nur die besonders in der Nähe des Randes zahlreicher auftretenden Anwachsstreifen erhalten, welche diese Art auszeichnen.

Grube Hainau.

Bemerk. *Spiriferina?* *macrorhyncha* ist eine auf die Eifel beschränkte und nach Kayser selten im oberen Theile der Calceolalalke und in der Crinoidenschicht vorkommende Art. Die grosse Aehnlichkeit derselben mit dem böhmischen *Spirifer falco* hat Barrande¹⁾ nachgewiesen.

Genus *Cyrtina* Davidson.

Cyrtina heteroclita Defrance.

Taf. VII. Fig. 3, 4.

Spirifer heteroclitus Schnur, Brach. Eif. S. 206. T. 35. F. 6.

— — Sandb., Rhein. Sch. Nass. S. 325 T. 32. F. 8.

Cyrtina heteroclita Kayser, Brach. Eif. S. 594. T. 12. F. 3.

Gehäuse stumpf bis spitz pyramidal, mit vorherrschender Breite. Grösste Breite in der Schlosslinie oder ein wenig unter derselben. Ventralschale

¹⁾ Barrande, Brach. Et. loc. S. 343.

pyramidal, die Area gerade oder nach vorne übergebogen, seltener mit den Seitenkanten einen spitzen Winkel bildend. Deltidium schmal, meistens von einem convexen Pseudodeltidium überdeckt. Sinus mässig tief und oft eine ziemliche Breite erreichend, an der Stirn flach gerundet bis zungenförmig verlängert. Dorsalschale halbkreisförmig mit vorherrschender Breite. Der breite Sattel mässig hoch, selten mit scharfem Rücken. Falten bald flach, bald scharf, die Zahl derselben sehr verschieden, zwischen 1 und 14 schwankend. Die Anwachsstreifen laufen in Wellenlinien über die Schalen, sind aber selten wohl erhalten, Area und Pseudodeltidium sind fein quergestreift.

Bemerk. Aus vorstehender Beschreibung ergibt sich die grosse Formschwankung der mir in über 100 Exemplaren vorliegenden Art. Kayser bringt die Eifeler Vorkommen nach der Zahl der Falten in 3 verschiedene Abstufungen. Die erste Abänderung hat 1—3 Falten, die zweite 3—6 und die dritte 6—10. Diese Eintheilung lässt sich leicht durchführen, gibt aber kein Bild der übrigen Formschwankungen, weil letztere wenigstens in unserem Untersuchungsgebiet nicht an die Faltenzahl gebunden sind. Die var. multiplicata soll die kleinste sein. Ein mir vorliegendes Exemplar mit 8 Falten hat aber eine Länge von 13 mm, eine Breite von 22 mm und eine Höhe von 15 mm, gehört demnach zu den grösseren Ausbildungen. Die var. laevis kann hoch und schmal (vergl. bei Kayser T. XII. F. 3) oder breit (vergl. Quenstedt T. 52. F. 6a.) sich entwickeln. Selbst unter den kleinsten Exemplaren von 3 mm Länge und 4 mm Höhe und Breite, welche vielleicht dem Jugendzustand angehören, finden sich glatte und solche mit 3—4 Fältchen. Da alle diese Schwankungen an einer Fundstelle zu beobachten sind, haben sie keinen geologischen Werth, ich beschränke mich daher auf die Mittheilung, dass sich sämtliche Eifeler Abänderungen, sowie diejenigen der englischen Mitteldevon, wie sie von Davidson (Mon. Br. dev. T. IX. F. 1—14) zur Abbildung gebracht sind, hier wiederfinden und kaum eine Abänderung als die vorherrschende bezeichnet werden kann. Auch die böhmischen Formen des Bandes f¹, welche unter sich schon verschiedene Ausbildung zeigen (Barr. T. 8. F. 1—6) und selbst das eine Exemplar aus dem Band e¹ (Barr. T. 124, III.) mit unsymmetrischem Bau und wenig Falten haben ihre Repräsentanten in unserem Kalk.

Im Harz hat sich (im Kalk des Scheerenstieges) eine kleine, nicht vollständig erhaltene Muschel gefunden, welche Kayser¹⁾ zu der beschriebenen Art rechnen möchte.

¹⁾ Kayser, Harz S. 177.



Cyrtina Demarllii, Bouchard.

Taf. VII. Fig. 5, 6.

Cyrtina Demarllii Bouchard sp. Davidson, Mon. Br. dev. Brach. 8. 50. T. 9. F. 15—17.

Das Gehäuse ist pyramidal, breiter wie lang, von gleicher Höhe und Länge. Grösste Breite am Schlossrand. Die Ventralschale pyramidal, mit einem mässig breiten und tiefen Sinus, einer hohen Area von drei geraden, ein regelmässiges Dreieck bildenden Linien eingeschlossen und schmaler Stielöffnung, das Pseudodeltidium zum grössten Theil abgerieben. Die Area bildet mit den Seitenkanten einen spitzen Winkel. Dorsalschale flach, mit einem mässig breiten Wulst, auf dessen Mitte eine schwache Furche liegt. Auf jeder Seite 5—6 Falten. Das eine Exemplar hat zahlreiche wellige Anwachsstreifen, das andere ist glatt.

Massverhältnisse:

Länge 6, Breite 12, Höhe 6 mm.

" 5, " 6, " 5 "

Grube Hainau.

Bemerk. Von der beschriebenen Art liegen zwei Exemplare vor, welche längere Zeit unter *C. heteroclita* versteckt blieben, bis ich die Verschiedenheiten von letzterer Form und die grosse Aehnlichkeit mit der *Cyr. Demarllii* aus dem englischen Mitteldevon erkannte. Wengleich zwischen letzterer Form und unseren Exemplaren Verschiedenheiten bestehen, 1) in der Zahl der Falten (die englische Form hat die doppelte Zahl), 2) in der Lage der Area, welche bei der letzteren Art senkrecht zu den Seitenkanten steht, bei unserer in einem spitzen Winkel, so ist doch der ganze Habitus des Gehäuses, insbesondere die grosse Flachheit der Dorsalschale und die schwache Furche auf dem Sattel für beide Formen so charakteristisch, dass in den Differenzen nur locale Abänderungen angenommen werden können.

Genus *Athyris* M'Coy.

Athyris Glassii Davids.

Taf. VII. Fig. 7.

Athyris Glassii Davidson, Mon. Brit. dev. Brach. Suppl. 8. 24. Pl. I. F. 21, 22.

Gehäuse klein, von querovalen Umriss, beide Schalen mässig gewölbt, die Ventralschale mehr wie die Dorsalschale. Grösste Höhe in der Mitte

gelegen. Der Schnabel kurz und gekrümmt, nur an wenig Exemplaren ein kleines Deltidium sichtbar. Ohne Sinus und Sattel. Stirnrand gerade und scharf. Schalenoberfläche glatt. An einem Anschliff lässt sich die nach aussen gerichtete Lage der Spiralen beobachten.

Länge 6, Breite 7, Höhe 3 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Form glaube ich, nach der Beschreibung und Abbildung bei Davidson, mit der bezeichneten englischen Art aus dem Mitteldevon von Lunnamton vereinigen zu können, indem die Unterschiede sich darauf beschränken, dass ein Deltidium nur an wenigen unserer Exemplare sichtbar ist und die Form etwas kleiner bleibt.

Genus *Merista* Suess.

Die Gattung *Merista* findet sich in silurischen und devonischen Ablagerungen weit verbreitet und ist gegenüber den ihr nahestehenden Gattungen *Atrypa* und *Meristella* an dem sogenannten Schuhzieher leicht zu erkennen. Weniger einfach ist die Bestimmung der dieser Gattung angehörenden Arten, insbesondere der hier in Betracht kommenden mitteldevonischen Formen. Wäre unser Kalk nicht eine ungewöhnliche Sammelstätte silurischer, devonischer und solcher Formen, welche erst in der Kohlenformation ihre grösste Entwicklung erreichen, so könnte einfach auf das Resultat früherer Untersuchungen der mitteldevonischen Formen hin die Bestimmung vorgenommen werden, umso mehr, als unsere Formen zur Untersuchung der Spiralen überhaupt nicht brauchbar sind. Allein gerade in Bezug auf die gegenseitigen Beziehungen silurischer und devonischer Arten hat sich noch keine übereinstimmende Meinung gebildet. Während Kayser¹⁾ *Terebratula scalprum* F. R. und *Terebratula prunulum* Schnur mit *Merista plebeja* vereinigt, findet Barrande²⁾ an *Terebratula prunulum* nicht die charakteristischen Merkmale der Gattung und vermuthet eine *Meristella*, vergleichbar mit *Mer. tumida* und *Mer. vultur*, während er Exemplare der *Ter. scalprum* analog der *Merista Herculea* findet, mit wenigen Unterschieden im Bau des Gerüstes. Quenstedt³⁾

¹⁾ Kayser, Brach. Eif. S. 551.

²⁾ Barrande, Brach. Et. loc. S. 339.

³⁾ Quenstedt, Brach. S. 450.

unterscheidet in den Eifeler Vorkommen drei Arten, die *Terb. cassidea* Buch., *Terb. cassidea prunulum* Schnur und *Terb. scalprum* Römer; letztere mit Loch und sichtbarem Deltidium, Davidson¹⁾ endlich vereinigt *Merista plebeja* mit *Terb. scalprum*, hält aber Quenstedt's *T. cassidea prunulum* der Eifel für eine von dieser verschiedenen Form, wenn auch zu demselben Genus gehörig. Er findet *T. prunulum* im Charakter nicht wesentlich verschieden von *Merista Herculea*.

Diesen sich in mehrfacher Beziehung widersprechenden Anschauungen gegenüber Stellung zu nehmen war nur in so weit geboten, als dabei die Bestimmung der in unserm Kalk vorkommenden Formen in Betracht kommt, und glaube ich in letzteren zwei Arten unterscheiden zu müssen die *Merista passer* Barr. und *Merista prunulum* Schnur.

Merista passer Barr.

Taf. VII. Fig. 8—10.

Terebratula passer Barr., Sil. Brach. 1847. s. 381. T. XVI. F. 2.

Merista passer Barr., Syst. sil. V. Brach 1879. T. 12. 14. 135.

Das Gehäuse hat länglich ovalen Umriss, mit grösster Breite in der Mitte, oder wenig unterhalb der Mitte, und einen Schlosskantenwinkel von ungefähr 100°. Beide Schalen ziemlich gleich stark gewölbt. Die Ventralschale hat ihre grösste Höhe in der Mitte, krümmt sich in ihrer oberen Hälfte in starkem Bogen nach dem Schnabel, senkt sich in mässiger Wölbung nach den Seiten und biegt in ihrer zweiten Hälfte in flachem Bogen nach oben um. Ein eigentlicher Sinus ist nicht vorhanden, allein es bildet sich in der Nähe der Stirn manchmal eine schwache Einsenkung. Die Stirn ist immer in mehr oder weniger starkem Bogen nach oben abgelenkt. Der Schnabel ist kurz und aufliegend. Die Rückenschale hat ihre grösste Höhe in der Nähe des Buckel, senkt sich in fast gerader Linie bis zur Stirn und neigt sich nach den Seiten in schwachem Bogen. Ein Wulst ist nicht vorhanden, nur biegt sich die Schale am Stirnrand öfter ein wenig in die Höhe. Die Ränder sind scharfkantig. Sämtliche Exemplare zeigen die für die Art charakteristischen wulstigen Anwachsrippen oder die eigenthümliche Erscheinung, welche Barrande sehr richtig damit vergleicht, als ob mehrere Schalen übereinander gewachsen wären. Diese Eigenthümlichkeit unterscheidet *passer* sehr wesentlich von der

¹⁾ Davidson, Br. foss. Brach. Suppl. S. 20 u. 104.

ihr sehr ähnlichen *Merista prunulum*. Die Zahnstützen der Ventralschale sind nicht sehr kräftig und divergiren wenig, die concave Verbindungsplatte liegt nahe der Schalenoberfläche. Die Dorsalschale hat eine starke Medianleiste und zwei kurze divergirende Zahnstützen.

Massverhältnisse:

Länge	14,	Breite	10,	Höhe	9 mm
"	13,	"	12,	"	10 "
"	12,	"	9,	"	6 "

Vorkommen: Grube Hainau.

Bemerk. Unsere Exemplare bleiben in der Grösse nur sehr wenig hinter den böhmischen Formen zurück und zeigen in ihrer äusseren Gestalt mit diesen keine Unterschiede. Insbesondere sind es die der *Merista passer* eigenthümlichen Anwachsrippen, welche die Art sofort erkennen lassen. Einzelne Exemplare sind mit solchen Rippen dicht bedeckt und haben dabei kugelige Gestalt, übereinstimmend mit dem Exemplar bei Barrande (T. 135, III.) aus dem Band e² von Dlauha Hora, während die grösste Zahl der Formen denen aus f¹ (T. 14, I. F. 10—12) ähnlich ist.

Nach T. 14, F. 15, bei Barrande scheint auch die böhmische Form schmale Zahnstützen wie die unsrige zu besitzen. Die Formen des Greifensteiner Kalkes sind, wie schon bei deren Beschreibung erwähnt wurde,¹⁾ mit denen der Grube Hainau vollständig übereinstimmend.

Merista prunulum Schnur.

Taf. VII. Fig. 11, 12.

Terebratula prunulum Schnur, Brach. Eif. 8. 190. T. 44. F. 1.

Der Umriss schwankt zwischen langoval bis queroval. Die grösste Breite liegt in der Mitte, die grösste Höhe wenig vor der Mitte; die Dorsalschale ist in ihrer ersten Hälfte nach dem Schnabel zu stark gewölbt, der Schnabel ist umgebogen, aber nicht fest aufliegend, eine deutliche Stielöffnung jedoch wohl in Folge schlechter Erhaltung der Gehäuse nicht wahrzunehmen. Ein eigentlicher Sinus nicht bemerkbar, nur greift die Ventralschale an der Stirn immer mehr oder weniger zungenförmig in die gegenüberliegende, den Stirnrand im Bogen ablenkend ein. Die Dorsalschale hat ihre grösste Wölbung nahe am Buckel, sie fällt nach den Seiten gleichmässig und ziemlich steil ab,

¹⁾ Maurer. Kalk b. Greif. Seite 47.

während sie nach der Stirn hin sich nur wenig senkt, und am Stirnrand öfter schwach nach oben umgebogen ist. Die Oberfläche ist glatt, doch sind auch manchmal Anwachsstreifen sowohl in der Nähe der Buckel, wie am Rand bemerkbar. Die Ränder sind scharf.

Die divergirenden Zahnstützen der Ventralschale sind kräftig, die concave Verbindungsplatte liegt tief im Innern des Gehäuses. Die Dorsalschale hat ein mittleres langes Septum, umgeben von zwei divergirenden kurzen Leisten.

Massverhältnisse:

Länge 16, Breite 13, Höhe 9 mm

" 15, " 12, " 8 "

" 11, " 13, " 7 "

Vorkommen: Grube Hainau, nicht häufig.

Bemerk. Unsere Exemplare bleiben zwar kleiner wie diejenigen der Eifel, unterscheiden sich von denselben im Uebrigen jedoch in keiner Weise. Eine Stielöffnung ist auch an den Eifeler Exemplaren nur in äusserst seltenen Fällen wahrzunehmen, weil hier wie dort der Erhaltungszustand solchen Beobachtungen ungünstig ist. Der innere Bau ist, soweit eine Untersuchung möglich war, übereinstimmend. Auch an den Eifeler Exemplaren reichen die Zahnstützen der Ventralschale weit ins Innere, während die mittlere Leiste der Dorsalschale schmal und lang ist, und zwischen zwei kürzeren Lamellen liegt. Diese Beobachtung lässt sich nicht nur an der Oberfläche angewitterter Exemplare machen, sondern auch an Schlifren. Unter den böhmischen Formen steht der *Merista prunulum* offenbar die *Merista Herculea* sehr nahe. Die rheinische Form ist zwar vorwiegend länger wie breit, allein es kommen auch Exemplare mit grösserer Breite wie Länge vor, und die Analogie des inneren Baues geht aus einem Vergleich unserer Eifeler Schmitte mit der Abbildung bei Barrande Pl. 10 F. 14 deutlich hervor. Als Unterschiede können bezeichnet werden, dass an der böhmischen Form die Stützen der Dorsalschale etwas stärker entwickelt sind, an der rheinischen die der Ventralschale.

Barrande¹⁾ bezweifelt, wie bereits oben erwähnt, dass *Tereb. prunulum* Schnur zu der Gattung *Merista* gehöre und findet mehr Uebereinstimmung mit dem Bau einer *Meristella*. Diese Beobachtungen müssen in irgend einer Richtung auf einen Irrthum beruhen, denn verschiedene von mir an Eifeler Formen ausgeführte Präparate lassen keinen Zweifel, dass dieselben zu *Merista* gehören.

¹⁾ Barr. Brach. Et. loc. Seite 339.

Merista Hecate Barr.

Taf. VII. Fig. 13, 14.

Terebratulula Hecate Barr., Sil. Brach. 1847. S. 409, T. XVI. F. 12.

Merista Hecate Barr., Syst. sil. V. Brach. 1879, T. 12, VI. T. 93, V.

Der Umriss ist fast kreisförmig, die Breite überwiegt manchmal ein wenig die Länge. Beide Schalen sind gleich stark gewölbt, mit grösster Höhe in der Nähe des Buckels, und grösster Breite wenig oberhalb der Mitte. Seitenkanten und Stirnrand scharf, letzterer an einigen Exemplaren wenig nach oben abgelenkt, ohne dass die gleichmässige Wölbung der Rückenschale dadurch Noth leidet. Die Schlosskanten bilden einen Winkel von etwas über 100°. Der spitze Schnabel ist wenig vorragend.

Die glatte Schale ist fast an allen Exemplaren ein wenig abgerieben, so dass sich Anwachsstreifen nur ausnahmsweise beobachten lassen. An angewitterten Exemplaren lässt sich der charakteristische sogenannte Schuhzieher leicht präpariren.

Massverhältnisse:

Länge 12, Breite 11, Höhe 6 mm

" 9, " 10, " 5 "

Bemerk. Die *Merista Hecate* der Grube Hainau ist vollständig übereinstimmend mit der grösseren Zahl der Formen des Greifensteiner Kalkes. Bei Beschreibung der letzteren wurde erwähnt, dass sich an einzelnen Exemplaren hie und da mit der Loupe sehr feine radiale Streifen beobachten lassen. Diese Erscheinung zeigt sich auch bei angewitterten Exemplaren der Grube Hainau, ist jedoch nicht als eine Verzierung der Schale aufzufassen, sondern steht mit der blättrigen Structur derselben in Zusammenhang. Die Vorkommen der Grube Hainau bleiben in ihren Grössenverhältnissen bei im Uebrigen gleicher Ausbildung hinter den böhmischen Formen zurück.

Var. planolata Maur.

(Kalk b. Greif. 1880. S. 46, T. III. F. 13.)

Eine flache, mehr in die Breite gezogene Abänderung der Hauptform, mit welcher sie im Uebrigen vollständig übereinstimmt. Diese Varietät wurde von mir bereits aus dem Kalk bei Greifenstein beschrieben und dort bemerkt, dass eine Area, welche freilich nur in unbedeutender Ausdehnung an der Hauptform entwickelt ist, nicht sichtbar sei. Später gefundene Exem-

plare von Greifenstein lassen eine kleine Area, gleichwie die hier gefundenen Exemplare erkennen, wie überhaupt beide Vorkommen keine Verschiedenheiten zeigen.

Grube Hainau.

Massverhältnisse:

Länge 10, Breite 14, Höhe 6 mm

" 9, " 11, " 4 "

" 7, " 8, " 2,5 "

Bemerk. Die beschriebene Muschel, welche in mehreren grösseren und kleineren Exemplaren gefunden wurde, bietet ein besonderes Interesse, weil sie eine den Kalken von Greifenstein und Waldgirmes ausschliesslich gemeinsame Form ist.

Subgenus *Meristella* Hall.

Meristella Circe Barr.

Taf. VII. Fig. 16, 17.

Terebratula Circe Barr., Sil. Brach. 1847. S. 393, T. XVI. F. 6.

Meristella Circe Barr., Syst. sil. V. Brach. T. 15, F. 142.

Das Gehäuse hat einen länglich ovalen bis gerundet fünfseitigen Umriss mit einer Länge, welche öfters fast der doppelten Breite gleichkommt. Die grösste Breite liegt in der Mitte. Die Seiten laufen nach dem Buckel spitzer zu wie nach der Stirn, welche letztere einen flachen Bogen bildet. Beide Schalen sind fast gleich und verhältnissmässig stark gewölbt, die grösste Höhe, welche beinahe der Breite der Muschel gleichkommt, ist in der Mitte gelegen, sie rückt ein wenig mehr nach vorne, wenn, wie an einigen Exemplaren, die Rückenschale nach dem Buckel zu etwas mehr anschwillt. Fast alle Exemplare zeigen eine sinusartige Einsenkung der Ventralschale, welche unterhalb der Mitte derselben beginnt, und die Stirnkante wenig nach oben ablenkt. Der Schnabel ist kurz, aber immer über die Rückenschale sich erhebend und wenig gebogen. Die Kanten sind scharf. Die Schalenoberfläche ist, wohl in Folge des Verwitterungsprozesses, an den meisten Exemplaren glatt; an besser erhaltenen Schalen bemerkt man schwache Anwachsstreifen, zwei Exemplare zeigen die schwache radiale Streifung, welche gut erhaltene

böhmische Formen auszeichnen. Zwei Einschnitte markiren die divergirenden Zahnplatten der Bauchschaale, ein Einschnitt das Medianseptum der Rückenschaale.

Einzelne Exemplare zeigen folgende Dimensionen:

Länge 9, Breite 7, Höhe 4,5 mm

„ 8, „ 5, „ 4 „

„ 8, „ 5, „ 5 „

„ 6, „ 4, „ 4 „

Fundort: Gruben Hainau und Rothe Erde.

Bemerk. Im Greifensteiner Kalk kommen Formen vor, welche mir Barrande als vergleichbar mit *Meristella Circe* bezeichnet hatte¹⁾. Die Identität der Formen war von mir als zweifelhaft bezeichnet worden; eine Anzahl neu hinzugekommener Exemplare, deren Formen sich eng an die böhmischen anschliessen, hat diese Zweifel beseitigt. Die Greifensteiner Muschel unterscheidet sich zwar von den Formen unseres Kalkes im Allgemeinen durch grössere Breite und geringere Höhe, beide Vorkommen sind jedoch durch Uebergänge mit einander verbunden.

Den böhmischen Formen aus dem Band f¹ gegenüber zeichnen sich unsere Exemplare durch geringere Grösse und nicht so stark entwickelten Sinus der Ventralschaale aus. Diese Bemerkung bezieht sich jedoch nur auf den Vergleich mit den von Barrande auf T. 15, IV. zur Abbildung gebrachten Exemplaren aus dem Band f¹ von Konieprus. Mir vorliegende Exemplare aus dem Band c² von Kožel zeigen in Bezug auf Grösse, wie in dem weniger entwickelten Sinus, eine so grosse Uebereinstimmung mit unseren Formen, dass deren Identität wohl keinem Zweifel unterliegt. Die mir zum Vergleich gedienten Exemplare verdanke ich der Güte des Herrn Barrande, welcher einem ihm vorgelegten Exemplar aus der Grube Hainau folgende Bemerkung beifügte:

„Je serais disposé à associer ce petit fossile à mon espèce *Meristella Circe* (Pl. 15 u. 142). Parmi les spécimens figurés, il y en a qui montrent les dimensions du votre. Ils proviennent tous de Konieprus f¹. Mais j'en ai un grand nombre qui ont été trouvé dans la bande c² près de Kožel. Je vous en offre 2 pour comparaison. Malheureusement, ceux de cette localité ne sont pas figurés.“

¹⁾ Maurer, Kalk b. Greif. Seite 49.

Meristella upsilon Barr.

Taf. VII. Fig. 18, 19.

Terebratula upsilon Barr., Sil. Brach. 1847. Seite 405, T. XV. F. 9.
Meristella upsilon Barr., Syst. sil. V. Brach. 1879. T. 16, 114, 136.

Der Umriss ist umgekehrt herzförmig, von gleicher Länge und Breite. Beide Schalen gleich und ziemlich stark gewölbt. Die Seitenränder laufen gerade nach dem Stirnrand, welcher eine auf den mittleren Theil beschränkte unbedeutende Biegung und gleichzeitig eine schwache Einbuchtung zeigt. Die Wölbung beider Schalen ist eine sehr gleichmässige, die grösste Höhe liegt in der Mitte, nimmt nach den Seiten nur wenig ab, Stirn und Seitenkanten sind stumpf, indem beide Schalen erst in der Nähe des Randes sich gleichmässig stark umbiegen. Gegen die Mitte der Ventralschale beginnt ein flacher Sinus, welcher bis zum Stirnrand sich erweitert, aber an Tiefe unbedeutend zunimmt; ein flacher Sinus der Dorsalschale ist erst in der Nähe der Stirn deutlich zu erkennen. Die Schlosskanten bilden einen Winkel von 90° und sind fast bis zur Mitte der Schalen ausgedehnt. Der Schnabel der Ventralschale ist gekrümmt und erhebt sich nur wenig über die Schlosslinie, ein dreieckiges Deltidium scheint vorhanden zu sein. Die Oberfläche ist glatt, mit wenigen Anwachsstreifen. An einer abgeriebenen Stelle der Ventralschale lassen sich, ähnlich wie an der böhmischen Form, zwei vom Schnabel ausgehende divergirende Streifen bis über die Mitte der Schale erkennen.

Dimensionen:

Länge 12, Breite 12, Höhe 9 mm.

Bemerk. Die beschriebene Muschel entspricht im Umriss der Abbildung T. 16, F. 10^a bei Barrande, ihre Grösse scheint den kleineren böhmischen Exemplaren gleich zu kommen. Eine Verschiedenheit in der Ausbildung besteht nicht.

Meristella upsilon ist in Böhmen auf das Band e³ beschränkt, und hat sich im Kalk der Grube rothe Erde in zwei Exemplaren gefunden.

Meristella Barrandei n. s.

Taf. VII. Fig. 20–22.

Das kleine Gehäuse hat länglich ovalen bis kreisrunden Umriss. Beide Klappen sind immer gleich ausgebildet und zwar mässig stark, häufiger ziemlich stark gewölbt, so dass mitunter eine fast kugelige Form entsteht. Ein

eigentlicher Wulst fehlt, doch fällt die Dorsalschale in der Nähe des Stirnrandes auf beiden Seiten öfter in der Weise ab, dass eine wulstförmige Erhöhung auf der Mitte der Schale entsteht. Die Ventralschale hat einen breiten sehr flachen Sinus, welcher breit zungenförmig in die Dorsalschale eingreift. Die Zunge hat rectanguläre Form, fast parallele Seiten, mit welchen der Stirnrand in der Regel einen rechten Winkel bildet. An den meisten Exemplaren liegen in der Zunge zwei schwache Falten, welche schwach wellige Bogen am Stirnrand veranlassen. Den beiden Falten der Dorsalschale entspricht eine schwache kurze Falte der Ventralschale. Der spitze, gekrümmte Schnabel ragt nur wenig vor. Die Seitenränder sind auf beiden Seiten des Sinus in Folge der Einsenkung der Dorsalschale schwach nach unten gebogen. Oberfläche glatt, mit wenigen, in der Nähe des Randes auftretenden Anwachsstreifen.

Mehrere als Steinkerne präparierte Exemplare zeigen deutlich die charakteristischen Muskeleindrücke der Gattung. Die beiden Muskeleindrücke der Ventralschale liegen fast auf der Mitte der Schale und sind durch eine breite und tiefe Einsenkung geschieden, darüber liegen die tiefen Eindrücke der divergirenden Zahnplatten. Zwischen den beiden schmalen Muskeleindrücken der Dorsalschale liegt ein Medianseptum. Die schmalen, einen stumpfen Winkel bildenden Schlosszähne sind kräftig.

Dimensionen:

Länge	6,	Breite	4,5,	Höhe	3 mm
"	9,	"	8,	"	4 "
"	11,	"	9,	"	7 "
"	11,	"	11,	"	8 "

Vorkommen: Die beschriebene Art fand sich in zahlreichen Exemplaren auf den Gruben Hainau und rothe Erde.

Bemerk. Die Gattung *Meristella* war bisher im Devon nicht vertreten; neben der vorherbeschriebenen *Meristella Circe* des böhmischen Silur ist *Meristella Barrandei* die erste, ausschliesslich dem Mitteldevon angehörende Art, welche ich zu Ehren des Herrn Barrande benenne, der auf meinen dahin geäußerten Wunsch die Güte hatte, mir Folgendes zu erwiedern: „Je vous remercie d'avoir l'aimable attention d'attacher mon nom à votre nouvelle *Meristella*.“

Genus *Whitfieldia* Davidson.*Whitfieldia tumida* Dalm.

Taf. VII. Fig. 23.

Meristella tumida Barr., Syst. sil. V. Brach. 1879. T. 11.*Whitfieldia tumida* Dav., Mon. Br. sil. Brach. Suppl. 8. 107. T. V.

Das Gehäuse hat gerundet fünfseitigen Umriss, ist breiter wie lang und mässig dick. Die grösste Höhe liegt in der vorderen Hälfte. Die Ventralschale steigt vom Buckel aus rasch an, biegt vor der Mitte nach der Stirn in scharfem Bogen um, bildet einen breiten flachen Sinus und greift mit schmaler Zunge in die Dorsalschale ein; nach den Seiten bildet sie einen flachen Bogen. Die Dorsalschale ist weniger stark gewölbt, sie steigt am Buckel steil an und hält sich ziemlich in gleicher Höhe bis zum Stirnrand, in dessen Nähe sie einen Falz bildend schwach nach oben umgebogen wird. Die Seiten sind flach gewölbt. Die Schnabelspitze ist abgebrochen und scheint wenig vorragend gewesen zu sein. Die Kanten sind scharf, die Oberfläche glatt, mit wenig vereinzelt Anwachstreifen. Die Ventralschale hat zwei divergierende Zahnstützen, die Dorsalschale ein fast bis zur Mitte der Schale reichendes Medianseptum.

Massverhältnisse:

Länge 13, Breite 17, Höhe 10 mm.

Bemerk. Im Kalk der Grube Hainau wurden drei unvollständig erhaltene Exemplare dieser Art gefunden, welche den Vorkommen aus dem Band e¹ (vergl. Barr. Pl. 11. F. 11.) entsprechen, ausgezeichnet durch vorherrschende Breite und stark zungenförmiges Eingreifen der Ventralschale. Die beschriebene Art findet sich ausserdem im englischen Silur.

Genus *Retzia* King.*Retzia ferita* Buch.

Taf. VII. Fig. 24.

Terebratula ferita Schnur, Brach. Eif. T. 25. F. 4a.—d.*Retzia ferita* Buch. Kayser, Brach. Eif. 8. 557.

Der Umriss ist nahezu kreisrund, ein wenig breiter wie lang. Beide Schalen gleich flach oder die Rückenschale ein wenig stärker angeschwollen.

Der Schnabel wenig vorstehend. Die Oberfläche beider Schalen mit scharfkantigen, an den Buckeln entspringenden, nach den Rändern breiter werdenden Falten bedeckt, die mittlere breitere Falte der Dorsalschale gerade, die drei auf jeder Seite liegenden geschweift. Die Falten greifen am Rand zickzackförmig in einander. Die mittlere Furche der Ventralschale hat eine am Rand sich entwickelnde kleine mittlere Falte, welcher eine kleine Furche auf der mittleren Falte der Dorsalschale entspricht. Bei guter Erhaltung sind verhältnissmässig starke wellige Anwachsstreifen zu beobachten.

Massverhältnisse:

Länge 5, Breite 6, Höhe 3 mm.

„ 4, „ 5, „ 2 „

„ 3, „ 4, „ 1,5 „

Grube Hainau. Nach Kayser in der Eifel ziemlich häufig im oberen Theil der Calceola-Schichten.

Bemerk. Diese zierliche Form wurde hier nur in sehr kleinen, aber zahlreichen Exemplaren gefunden. Es sind alle charakteristischen Merkmale der Art vorhanden und könnte etwa nur in Frage kommen, ob nicht bis jetzt nur jugendliche Formen gefunden worden sind.

Retzia longirostris Kayser.

Taf. VII. Fig. 25.

Terebratulata ferita Schnur, Brach. Eif. T. 25. F. 4e—g.

Retzia ferita Sandberger, Rhein. Sch. Nass. S. 330. T. 32. F. 13.

— *longirostris* Kayser, Brach. Eif. S. 588. T. X. F. 5.

Das Gehäuse hat gerundet dreiseitigen Umriss, mit lang gezogener Spitze, ist länger wie breit und mässig hoch. Die Schlosskanten bilden gerade Linien, welche in einem Winkel von 70° zusammenstossen und über $\frac{1}{3}$ der Länge der Schalen reichen. Ventralschale flach, mit vorstehendem langen spitzen Schnabel. Dorsalschale mässig stark gewölbt. Beide Schalen haben wenige starke scharfkantige Falten, der Falte der einen Schale entspricht eine Furche der anderen, in Folge dessen die Ränder grosse Zickzacklinien bilden. Die Ventralschale hat eine mittlere Furche und 3 bis 4 Falten auf jeder Seite, die Dorsalschale eine mittlere Falte und 3 auf jeder Seite derselben. Die Oberfläche hat starke concentrische Rippchen, welche durch breitere Zwischenräume von einander getrennt liegen, auf 1 mm kommen 3 Rippchen. Die Schalen sind stark punktirt.

Massverhältnisse:

Länge 13, Breite 11, Höhe 6 mm.

" 15, " 14, " 6 "

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Art ist im Mitteldevon sehr verbreitet in der Eifel in den unteren Niveaus, auf der rechten Rheinseite im oberen Niveau bei Villmar. Die Grösse ist übereinstimmend mit den Eifeler Formen.

Retzia submelonica n. s.

Taf. VII. Fig. 26.

Retzia melonica Kayser? Dev. Abl. Harz. 1878. S. 178. T. 24. F. 17.

Eine nur in einem Exemplar gefundene Muschel zeigt so viele Aehnlichkeit mit der böhmischen *R. melonica* Barr., dass man im ersten Augenblick versucht sein könnte, letztere darin zu erkennen. Leider ist das Gehäuse nicht vollständig erhalten, immerhin lässt sich als Resultat der Untersuchung und des Vergleiches Folgendes anführen.

Das Gehäuse hat länglich ovalen Umriss, ist flach und beide Schalen sind gleichmässig ausgebildet. Die grösste Höhe ist oberhalb der Mitte, die grösste Breite ein wenig unter der Mitte gelegen. Die Kanten sind scharf, die Stirn liegt mit den Seitenkanten in einer horizontalen Linie. Der Schnabel ist nicht vollständig erhalten, der vorhandene Theil ragt über den Buckel der Dorsalschale vor. Die Schalenoberfläche ist glatt, da wo dieselbe nicht erhalten ist, zeigen sich auf dem Kerne feine radiale Streifen; diese liegen so dicht, dass 3 Streifen auf 1 mm gehen. Die Grösse des Gehäuses entspricht der der böhmischen Form.

Massverhältnisse:

Länge 23, Breite 18, Höhe 8 mm.

Grube rothe Erde.

Bemerk. Neben der grossen Aehnlichkeit unserer Muschel mit der erwähnten böhmischen Art lassen sich doch folgende Unterschiede wahrnehmen.

Charakteristisch für die böhmische Form ist der langgestreckte vordere Theil der Muschel, welcher in einem langen Schnabel der Dorsalschale endet. Die Schlosskanten erstrecken sich fast bis zur halben Länge und ihr Winkel überschreitet nie 90°. An der rheinischen Form sind die Schlosskanten bedeutend kürzer und ihr Winkel beträgt wenig über 90°. Damit erhält unsere

Art, im Gegensatz zur böhmischen, einen vorne und hinten mehr gleichmässig gerundeten Umriss. Nach Beobachtungen an mir zur Verfügung stehenden böhmischen Exemplaren hat es mit den Schalenstreifen der *Retzia melonica* eine eigene Bewandniss. Die Schale erscheint nämlich an den meisten Exemplaren glatt und hielt Barrande¹⁾ die Art lange Zeit für glatt, bis sich Bruchstücke mit Längsfalten oder Streifen gezielter Schalen fanden. Nun wird freilich nicht gesagt, dass diese Streifen nur auf gut erhaltenen Oberflächen sich zeigen, allein Quenstedt²⁾ nimmt an, dass eine glatte Schale ein Zeichen schlechter Erhaltung sei. Dem gegenüber erlaube ich mir als Resultat meiner an mehreren böhmischen Exemplaren ausgeführten Untersuchungen Folgendes mitzuthemen.

Die Schalen sämmtlicher Exemplare sind unabhängig von ihrem Erhaltungszustand perforirt, je glatter, resp. je glänzender und besser die Epidermis erhalten ist, desto deutlicher sieht man feine Anwachsstreifen. Dieser Streifen gibt es zweierlei Arten; es folgen sich nämlich stärkere in einem Abstand von 1—2 mm, dazwischen liegen äusserst feine lineare Streifen, von denen etwa 5 auf 1 mm kommen. Unter dieser feinen Structur schimmern radiale Streifen durch, welche einen Abstand von 1 mm haben. Ist die Epidermis abgerieben, so verschwinden die feinen concentrischen Streifen, ebenso wenig ist ein Durchschimmern der radialen Streifen zu beobachten. Ist aber die Schale vollständig abgerieben, so treten die Längsstreifen am Steinkern als deutliche Rippen auf. Da nun an den böhmischen Exemplaren in der Regel nur die Epidermis abgerieben ist, so erklärt es sich, dass die radialen Streifen so selten beobachtet werden. Radiale Streifen zeigt nun auch unser Steinkern, allein dieselben sind viel flacher und viel zahlreicher. An den böhmischen Exemplaren haben die Rippen am Rand einen Abstand von 1 mm, an unserem Exemplar kommen 2 Rippchen auf 1 mm. Es ist demnach die Figur des Umrisses und die Zahl und Ausdehnung der Falten, welche die böhmische und rheinische Form unterscheiden.

Kayser³⁾ erwähnt und bildet eine Form aus dem Klosterholz bei Ilsenburg im Harz ab, welche in jeder Hinsicht mit der böhmischen *Retzia melonica* übereinstimmen soll. Aus der sehr kurzen Beschreibung erfährt man nur, dass die Schale deutlich perforirt und die Form mehr in die Breite ausgedehnt ist, dass einer Streifung keine Erwähnung geschieht, kann mit dem oben näher

¹⁾ Barrande, Silur. Brach. 1847. S. 413.

²⁾ Quenstedt, Brachiopoden 1871. S. 342.

³⁾ Kayser l. c. S. 178.

ausgeführten jeweiligen Erhaltungszustand der Schale im Zusammenhang stehen. Nach der Abbildung ist der Schlosskantenwinkel 90° und verschmälert sich die Muschel nach der Stirn viel mehr wie an der böhmischen Form, auch hat letztere einen längeren Schnabel. Barrande¹⁾ konnte deshalb keine absolute Identität der beiden Vorkommen anerkennen. Der vordere Theil der Muschel zeigt Aehnlichkeit mit unserer Art, während der hintere schmaler ist, so lange jedoch die Art der Rippenbildung der Harzer Form unbekannt ist, bleibt es zweifelhaft, ob die Harzer und unsere Form einer Art angehören.

Genus *Bifida* Davidson.

Bifida lepida Goldf.

Taf. VII. Fig. 27.

- Terebr. lepida* Schnur, Brach. Eif. S. 180. T. 29. F. 1.
Retzia? — Sandb., Rhein. Sch. Nass. S. 331. T. 32. F. 14.
 — — Kayser, Brach. Eif. S. 559.
Bifida — Davidson, Mon. Br. dev. Brach. Suppl. S. 27. T. II. F. 13.

Gehäuse klein, fast kreisförmig, nur wenig breiter wie lang, oder umgekehrt und mässig hoch. Die Ventralschale ist stark gewölbt, mit zwei starken Falten und einer schwachen mittleren Furche, auf den Seiten zwei schwächere Falten. Schnabel wenig vorstehend mit gekrümmter Spitze. Dorsalschale flach, mit einer am Buckel beginnenden, ziemlich breit werdenden mittleren Depression. In der Mitte derselben liegt eine flache, schmale Falte, auf jeder Seite der Depression eine starke Falte, an welche sich zwei schwächere anschliessen. Oberfläche mit zahlreichen blättrigen Anwachsrrippchen bedeckt, welche in Wellenlinien über die Falten laufen.

Massverhältnisse:

Länge 5, Breite 4, Höhe 2,5 mm.

„ 5,5, „ 4,5, „ 3 „

„ 6,5, „ 6, „ 4 „

Grube Hainau.

Bemerk. Diese zierliche im Mitteldevon weit verbreitete Art wurde in mehreren Exemplaren, aber etwas kleinerer Ausbildung wie in der Eifel gefunden. Aus dem Harz erwähnt Kayser²⁾ zwei unvollkommen erhaltene Reste,

¹⁾ Barrande, Brach. Et. loc. S. 301.

²⁾ I. c. Harz, S. 180. T. 25. F. 20.

welche wahrscheinlich dieser Art angehören. Eine verwandte Art mit weniger zahlreichen und scharfen Anwachsstreifen ist *Retzia? Barrandei* aus dem böhmischen Band e¹) und dem englischen Silur.

Genus *Uncites* Defrance.

Uncites gryphus Schloth.

Taf. VII. Fig. 28, 29.

Terebratulites gryphus Schloth., Nachtr. Petref. T. 19. F. 1.

Uncites gryphus Sandberger, Rh. Sch. Nass. S. 334. T. 21. F. 5.

— — Kayser, Brach. Eif. S. 563.

Diese Art, ausgezeichnet durch die gleichmässig gewölbten Klappen, den langen an Stelle des Deltidium mit einer Aushöhlung versehenen Schnabel und die starken gerundeten Falten der Oberfläche, hat sich in typischer Ausbildung zwar nicht häufig gefunden, aber an verschiedenen Stellen unseres Kalkzuges. So auf der Grube Hainau, der Grube Rothe Erde und im südlichen Streifen im Kalk an der Altenburg bei Wetzlar.

Neben der typischen Form kommen im Kalk der Grube Hainau verschiedene kleine Ausbildungen vor, an welchen die Breite vorherrscht und der Schnabel kürzer ist, im Uebrigen aber kein Unterschied mit der Hauptform besteht. Es mag vorerst unentschieden bleiben, ob in diesen Muscheln der Jugendzustand der typischen Form oder eine Varietät zu finden ist.

Massverhältnisse:

Länge 33, Breite 23, Höhe 19 mm.

"	12,	"	17,	"	9	"	(breite Form.)
"	10,	"	10,	"	6	"	"
"	8,	"	8,	"	4	"	"

Bemerk. *Uncites gryphus* ist ein ausgezeichnetes Leitfossil für den Stringocephalenkalk und findet sich überall in diesem Niveau in der Eifel, bei Villmar, im Harz, in England und Belgien.

¹) Barrande, Syst. sil. Brach. T. 82, IV.

Genus *Atrypa* Dalmann.*Atrypa reticularis* Linné.

Taf. VII. Fig. 30—37.

- Terebratulula aspera* Schloth., Leon. Taschenb. S. 74. T. 1. F. 7.
Terebratulites priscus Schloth., Nachtr. Petrfrk. T. 17. F. 2.
Terebratulites explanatus Schloth., Nachtr. Petrfrk. T. 18. F. 2.
Atrypa desquamata Sow., Geol. Transact. 2 S. vol. V. T. 56. F. 19—22.
Terebratulula insquamosa Schnur, T. 24. F. 5.
Terebratulula latilinguis Schnur, T. 25. F. 1.
Orthis Gerolsteinensis Stein, Eif. S. 78. T. VIII. F. 5.
Atrypa flabellata Dav., Mon. Br. dev. Br. T. XI. F. 10—12.
Atrypa reticularis Kayser, Brach. Eif. S. 543. T. 10. F. 3.
Atrypa reticularis Barrande, Syst. sil. V. Brach. 1879. T. 19. F. 2, 8, 14.

Diese in obersilurischen, wie devonischen Ablagerungen weit verbreitete, unter einer grossen Zahl selbstständiger Namen¹⁾ doch nur zahlreiche Abänderungen umfassende Art findet sich in unserm Kalk nicht nur ausserordentlich häufig, sondern auch in vielfachen Formschwankungen, welche zwar unter bereits bekannten Bezeichnungen aufgeführt werden sollen, wengleich die Uebergangsformen mitunter die zahlreicheren sind, und die gebräuchliche Begrenzung der Varietäten für unsere Exemplare in einzelnen Fällen nicht vollständig zutreffend ist. In dieser Beziehung wäre namentlich hervorzuheben, dass, wie auch Quenstedt bemerkt, an einer und derselben Abänderung der Schnabel bald frei abstelt und eine Area sichtbar wird, bald fest aufliegt. Aehnlich verhält es sich mit der Art der Rippenbildung, welche an keine bestimmte Form ausschliesslich gebunden ist und für verschiedene Abänderungen nur als vorherrschende bezeichnet werden kann. In unserem Kalk finden sich die folgenden Abänderungen:

1. Typische *reticularis* (*Terebr. insquamosa* Schnur).

Gehäuse mittelgross, ein wenig länger wie breit. Ventralschale flach mit einer kielförmigen Erhebung am Buckel und schwachbogiger bis zungenförmiger Einsenkung in die Dorsalschale an der Stirn. Schnabel kurz und stark gekrümmt, ohne sichtbare Area. Dorsalschale sehr stark gewölbt. Die

¹⁾ Vergl. noch Kayser, Brach. Eif. S. 543.

Falten sind mässig stark und vermehren sich durch Theilung. Zahlreiche, schwachschuppige Anwachsstreifen.

Hierher gehören die zahlreichsten Vorkommen.

Massverhältnisse:

Länge	41,	Breite	40,	Höhe	25 mm.
"	38,	"	30,	"	25 "
"	25,	"	23,	"	15 "

2. Var. *explanata* (*Atrypa explanata* Schloth.).

Von der vorhergehenden darin verschieden, dass beide Schalen 'gleich und nur mässig gewölbt sind, der Umriss halbkreisförmig, breiter wie lang. Die Schlosslinie breit und der Stirnrand gerade. Der Buckel der Ventral- schale ist zwar vorstehend, allein der Schnabel liegt auf ohne sichtbare Area. Die Art der Faltenbildung wie an der Hauptform. Kleinere Exemplare vorherrschend. Diese Abänderung findet sich weniger häufig.

Massverhältnisse:

Länge	24,	Breite	32,	Höhe	10 mm.
"	22,	"	30,	"	11 "

3. Var. *latilinguis* (*Terebr. latilinguis* Schnur).

Umriss mehr oder weniger kreisförmig, oft länger wie breit. Beide Schalen gleich und stärker gewölbt wie an der vorhergehenden. Die Ventral- schale hat eine kielartige Erhebung am Buckel, welche mitunter bis über die Mitte der Schale sichtbar bleibt. Schnabel angeschwollen und aufliegend. Der Stirnrand in breitem flachen Bogen nur wenig nach oben abgelenkt. Die Rippen fein und zahlreich. — Seltener vorkommend.

Massverhältnisse:

Länge	30,	Breite	28,	Höhe	17 mm.
"	30,	"	21,	"	16 "

4. Var. *desquamata* (*Atr. desquamata* Sow).

Der Umriss fast kreisförmig mit vorherrschender Breite. Ventralschale flach, nur am Buckel angeschwollen, Schnabel vorstehend, unter demselben eine hohe Area mit breitem Deltidium, auf welchem bei guter Erhaltung

eine runde Stielöffnung sichtbar ist. Dorsalschale stark gewölbt, der Stirnrand gerade oder in sehr flachem Bogen nach oben abgelenkt. Die Falten sind stark, mit flach gerundetem Rücken, und durch ebenso breite mitunter noch breitere Furchen geschieden. Die Falten haben glatte Oberfläche, in den Furchen liegen feine concentrische Streifen. Ausser diesen feinen Streifen kommen auch wenige gröbere Anwachsstreifen, in der Regel erst in der Nähe des Randes vor. Die Falten vermehren sich nur vereinzelt durch Theilung, welche an den stärkeren Anwachsstreifen vor sich geht, in der Regel durch Einschiebung neuer Falten. Diese Abänderung erreicht ansehnliche Grössen.

Auch die flache Abänderung dieser Form, die var. *compressa* Sow. hat sich in mehreren, zum Theil sehr gut erhaltenen Exemplaren gefunden. Dieselbe unterscheidet sich von der Hauptform nur durch die grosse Flachheit der Dorsalschale und darin, dass sie bedeutend kleiner bleibt. Möglicher Weise gehört sie dem Jugendzustand der Hauptform an.

Massverhältnisse:

Länge	53,	Breite	58,	Höhe	26 mm	
"	50,	"	"	57,	"	26 "
"	45,	"	45,	"	"	20 "
"	22,	"	24,	"	9 "	var. <i>compressa</i>
"	19,	"	22,	"	8 "	

5. Var. *plana* (var. *plana* Kayser).

Orthis Gerolsteinensis Stein, Eif. 8. 78. T. VIII. F. 5.

Eine ausserordentlich flache Abänderung von halbkreisförmigem Umriss, welche sich von der Hauptform so weit entfernt, dass diese darin kaum wieder zu erkennen, mit ihr durch die soeben beschriebene var. *compressa* doch wieder verbunden ist. Mit letzterer hat sie nämlich die hohe Area mit dreieckigem Deltidium und runder Stielöffnung gemein, ferner die Art der Rippenbildung. Die Rippen sind grob, glatt, durch ziemlich breite Furchen getrennt, und dichotomiren vielfach. Sie ist jedoch ausgezeichnet durch die schwache Concavität und einen schwachen, schmalen, vom Buckel bis zum Stirnrand reichenden Wulst der Ventralschale, dem eine flache sinusartige Einsenkung der Dorsalschale entspricht. Der Schalenrand ist scharf und ein wenig aufgebogen. Anwachsstreifen selten. Die Form hat sich in zahlreichen, aber meist schlecht erhaltenen Exemplaren gefunden, welche mit der Beschreibung der Eifeler Vorkommen durch Kayser vollständig übereinstimmen. Neben

Formen mit langer Area kommen jedoch auch welche mit etwas kürzerer Area vor, und diese sind offenbar identisch mit der von Steinger als *Orthis Gerolsteinensis* beschriebenen seltenen Muschel aus dem Kalk von Gerolstein.

Länge 19, Breite 23, Höhe 5 mm

" 15, " 23, " 4 "

6. Var. *aspera* (*Atr. aspera* Schloth. *Atr. squamivera* Schloth.)

Diese *Orthis*-artige Abänderung bleibt immer kleiner wie die Hauptform. Sie hat fast kreisrunden Umriss, gleich stark gewölbte Schalen und geraden Stirnrand. Der Schnabel liegt entweder auf, oder er steht ab und hat unter sich eine lange schmale Area mit getheiltem Deltidium. Die Schnabelspitze lässt manchmal eine kleine runde Stielöffnung erkennen. Die starken und breiten Radialfalten werden von gleich weit auf einander folgenden gross-schuppigen concentrischen Streifen gekreuzt. Zwischen diesen grösseren Streifen liegt öfters eine grössere Zahl sehr schwacher Streifen. Die Vermehrung der Falten geschieht theils durch Theilung, theils durch Einschiebung neuer Falten. Die Vermehrung ist im Ganzen unbedeutend, indem die Falten nach dem Rand zu an Breite sehr zunehmen und eine starke Vermehrung überflüssig machen. Interessant ist eine feine Querstreifung der Area, dadurch veranlasst, dass die concentrischen Streifen der Ventralschale in dicht stehenden feinen parallelen Linien auch über die Area weglafen. Ob diese Streifung sich auf die Vorkommen unseres Kalkes beschränkt, möchte ich bezweifeln, sie scheint nur in seltenen Fällen sich erhalten zu haben und in der Regel für die Beobachtung verloren gegangen zu sein.

Die grössten Exemplare massen:

Länge 20, Breite 24, Höhe 10 mm

" 17, " 21, " 8 "

7. Var. *n. sagittata*.

Der Umriss ist lanzettförmig, schmal, nach der Stirn spitz zulaufend. Die Länge entspricht fast der doppelten Breite. Beide Schalen mässig stark gewölbt. Die Ventralschale wenig mehr wie die andere. Die grösste Breite liegt in der Mitte; Schlossrand kurz und wenig gebogen. Der Schnabel aufliegend, eine Area nicht sichtbar. Der Stirnrand ist gerade und wie die Kanten scharf. Die Form ist ferner ausgezeichnet durch einen scharfen Kiel

der Ventralschale, welcher am Buckel beginnend über die Schale sich bis zum Stirnrand erstreckt. Die Falten sind kräftig und vermehren sich durch Theilung. Die Anwachsstreifen sind ziemlich zahlreich und liegen schuppig übereinander, ausser diesen ist die Oberfläche bei guter Erhaltung mit zahlreichen feinen concentrischen Streifen bedeckt.

Massverhältnisse:

Länge	12,	Breite	9,	Höhe	7 mm
"	16,	"	11,	"	6 "
"	20,	"	13,	"	7 "
"	25,	"	16,	"	10 "

Bemerk. Die beschriebene Abänderung ist ausgezeichnet durch ihre schmale lanzettförmige Ausbildung und den scharfen Kiel der Ventralschale. Sie ist mir von anderen Orten nicht bekannt, und möchte, weil in mehreren Exemplaren gefunden, als eine locale Abänderung unseres Kalkes anzusehen sein.

Es scheint eine Eigenthümlichkeit unseres Kalkes zu sein, dass die anderwärts, insbesondere von Kayser¹⁾ in der Eifel, wenigstens in Bezug auf die Häufigkeit der Vertheilung der einzelnen Abänderungen auf verschiedene Niveaus des Mitteldevon beobachtete Erscheinung nicht zutrifft. Neben der Hauptform finden sich die *latilinguis* der *Calceolaschichten*, die *plana* der *Crinoidenschicht*, die *aspera* der *Stringocephalenschichten* in annähernd gleicher Zahl. Selbst die böhmischen Formen der Bänder e¹ bis f¹ finden sich theilweise unverändert wieder, wie die Abbildungen auf unserer Taf. VII. Fig. 30 und 36 zeigen. Figur 36 ist von der *aspera* des Bandes e¹ (Barr. Pl. 19, F. 14) unsere Fig. 30 von der *reticularis* des Bandes f¹ (Barr. Pl. 19, F. 2) nicht zu unterscheiden. Die Gleichheit der Formen ist jedoch nicht auf diese beiden Exemplare beschränkt, es würde zu weit führen, alle mit böhmischen ähnliche Formen durch Abbildungen wiedergeben zu wollen, unter den typischen Ausbildungen und denen der *aspera* des böhmischen Becken gibt es kaum ein Exemplar, welchem nicht eine Form unseres Kalkes zur Seite gestellt werden könnte. Dagegen scheinen andere Varietäten, wie die *desquamata* und *plana* auf das Mitteldevon beschränkt zu sein.

¹⁾ Vergl. Kayser, Brach. Eif. Seite 546.

Atrypa Eurydice Barr.

Taf. VIII. Fig. 1.

Terebratula Eurydice Barr., Sil. Bräch. 1847. S. 411. T. 15. F. 6.
Atrypa Eurydice Barr., Syst. sil. V. Brach. 1879. T. 85, II.

Der Umriss der Muschel ist gerundet fünfseitig, länger wie breit, mit grösster Breite in der Mitte. Die grösste Höhe liegt wenig oberhalb der Mitte, von da senkt sich die Oberfläche gleichmässig nach den Seitenrändern und der Stirn. Ein Sinus ist nicht vorhanden, die Kanten sind scharf. Der Winkel, welchen die Schlosskanten bilden, beträgt 100°, die letzteren liegen ein wenig eingesenkt zwischen den überstehenden Schalenrändern. Der wenig vorstehende Schnabel liegt mit seiner Spitze auf; an einem zweiten Exemplar ist die Schnabelspitze abgebrochen und scheint eine kleine Area vorhanden zu sein, die zum Theil durch den überstehenden Buckel der Dorsalschale verdeckt wird. Die Oberfläche der Schale ist abgerieben, trotzdem lassen sich an beiden Exemplaren von der Mitte nach den Rändern radiale, flache Rippen erkennen, welche durch doppelt so breite Rinnen getrennt sind. Ferner zeigt die Oberfläche mehrere concentrische Anwachsstreifen.

Massverhältnisse: Länge 18, Breite 15, Höhe 9 mm.

" 10, " 9, " 6 "

Grube Hainau.

Bemerk. *Atrypa Eurydice* ist eine seltene, auf das Band f' beschränkte Art des böhmischen Beckens. Von den hier gefundenen beiden Exemplaren hat das grössere Aehnlichkeit mit der auf l. c. T. 85, II. F. 3 abgebildeten, etwas länglichen Form, welche Barrande im nebenstehenden Text als die typische bezeichnet. Das kleinere Exemplar lässt sich mit T. 85, II. F. 2 vergleichen. Original Exemplare lagen mir nicht vor, die Bestimmung konnte nur nach den gegebenen Abbildungen vorgenommen werden.

Barrande hatte mir das Resultat seiner vergleichenden Beobachtungen s. Z. wie folgt mitgetheilt: „Il paraît y avoir une différence, peut-être individuelle dans la charnière, parce que la grande valve n'est pas recouvrante par son crochet, qui paraît accompagné d'une petite aréa. Cette aréa n'existe pas dans l'espèce de Bohême. Cette circonstance, si elle ne s'applique pas à un individu isolé, devrait indiquer une espèce indépendante.“

Diese Bemerkungen beziehen sich auf das eine grössere Exemplar mit abgebrochener Schnabelspitze, welches Barrande vorgelegen hatte. Nachdem das zweite kleinere Exemplar aufgefunden worden ist, an welchem der Schnabel

auffliegt und keine Area sichtbar wird, ist an der Identität der böhmischen und rheinischen Formen wohl nicht zu zweifeln. An dem letzteren scheint die Zahl der Rippen eine klein wenig grössere zu sein.

Atrypa Philomela Barr.

Taf. VIII. Fig. 2.

Atrypa Philomela Barr., Syst. sil. V. Brach. 1879. T. 84, 134, 145.^o

Das Gehäuse hat kreisförmigen, etwas mehr in die Länge gezogenen Umriss, beide Schalen ngleich stark gewölbt. Ventralschale, die stärker gewölbte, mit grösster Höhe in der Nähe des Buckels, von da senkt sie sich gleichmässig nach der Stirn und den Seiten. Ein eigentlicher Sinus ist nicht vorhanden, allein an den meisten Exemplaren zeigt sich in der Nähe der Stirn eine schwache Depression, welche den Stirnrand nur wenig ablenkt. Die Dorsalschale ist sehr flach gewölbt, nur in der Nähe des Buckels ein wenig aufgebläht. Die Schlosskanten bilden einen stumpfen Winkel. Der Schnabel ist spitz, schwach gekrümmt und wenig vorragend. Oberfläche glatt, mit einigen in der Nähe des Randes auftretenden Anwachsstreifen. An einzelnen Exemplaren vermehren sich dieselben in der Weise, dass die Muschel am Stirnrand aufgebläht erscheint.

Massverhältnisse: Länge 11, Breite 10, Höhe 6 mm.

„ 8, „ 7, „ 4,5 „

Vorkommen: Gruben Hainau und Rothe Erde.

Bemerk. Unsere Exemplare bleiben in ihrer Grösse ein wenig hinter den böhmischen zurück, im Uebrigen sind in ihrer Ausbildung keine Unterschiede wahrzunehmen. *Atrypa Philomela*, welche in Böhmen in den Bändern e¹ und f¹ vorkommt, hat sich auf der rechten Rheinseite in den Kalken bei Waldgirmes, bei Greifenstein und wahrscheinlich auch in den Orthoceraschiefern der Grube Langscheid im Ruppbachthal gefunden.)

Atrypa subcolumbella n. s.

Taf. VIII. Fig. 3, 4.

Der Umriss des Gehäuses ist ausserordentlich schwankend, er ist gerundet fünfseitig bis länglich oval, es kommen jedoch ebenso häufig stark in

¹) Maurer, Kalk b. Greif. Seite 41.

die Quere ausgedehnte Formen vor. Die grösste Breite immer ein wenig oberhalb der Mitte. Beide Schalen gleich und mässig stark gewölbt, seltener sind gewölbtere Formen, an denen die Höhe der Breite fast gleich kommt. Die Ränder sind scharf, der Stirnrand schmal oder fast die Breite der Schale einnehmend. Die Ablenkung desselben ist sehr verschieden und zwischen scharfem und schwachem Bogen schwankend, manchmal fast verschwindend. Die Schlosskanten sind kurz, selbst an der breiten Form. Die Ventralschale hat ihre grösste Wölbung in der Nähe des Buckels, einen vorstehenden hakenförmig gekrümmten Schnabel, unter demselben ein dreieckiges Deltidium. Die Schale fällt nach der Stirn und den Seiten in gleichmässiger Wölbung ab, ohne Wulst, mit einer erst in der Nähe der Stirn auftretenden sinusartigen Einsenkung. Die grösste Höhe der Dorsalschale liegt in der Mitte, von da senkt sie sich nach den Seiten und der Stirn gleichmässig in flachem Bogen, während am Buckel ein schwacher Wulst liegt, welcher in einen über die Schlosslinie sich erhebenden gerundeten Schnabel ausläuft. Die Schalenoberfläche ist glatt, mit wenigen, nahe am Rand sich mehrenden schwachen Anwachsstreifen.

Massverhältnisse:

(Schmale Form.)				(Breite Form.)			
Länge	20,	Breite	19, Höhe 10 mm.	Länge	20,	Breite	23, Höhe 11 mm.
"	20,	"	14, " 13 "	"	15,	"	20, " 10 "
"	16,	"	12, " 10 "	"	14,	"	16, " 9 "

Vorkommen: Grube Hainau häufig, Grube rothe Erde weniger häufig.

Bemerk. Es ist das Verdienst von Barrande, mich auf die Aehnlichkeit unserer Muschel mit der böhmischen Varietät *columbella* der *Atrypa linguata* v. Buch (Barr. l. c. T. 14, II.) aufmerksam gemacht zu haben. Die var. *columbella* des Bandes e¹ ist eine breite, fast kreisrunde Abänderung der *linguata*, mit einem oft stark entwickelten Sinus und von bedeutend grösseren Dimensionen. Unsere *subcolumbella* ist zwar in ihrem Umriss etwas schwankend und finden sich ebenso häufig schlanke, wie breitere, den böhmischen Ausbildungen entsprechende Formen, auch erreichen letztere eine bedeutendere Grösse, diese Unterschiede würden jedoch immerhin als locale Abänderungen betrachtet werden können, wenn nicht sämtliche Exemplare unseres Kalkes sich durch einen vorstehenden Schnabel und durch ein grosses dreieckiges Deltidium auszeichnen würden, während die böhmische Form einen kleinen fast aufliegenden Schnabel ohne sichtbares Deltidium hat. Auch ist der Sinus

unserer Form nie so stark entwickelt wie an der grösseren Zahl der böhmischen Formen und fehlen letzteren die Anwachsstreifen, welche an den rheinischen immer, wenn auch mitunter nur vereinzelt sichtbar sind. Ich glaube deshalb letztere als eine selbstständige, mit der böhmischen columbella in naher Beziehung stehende Art betrachten zu müssen.

Atrypa assula Barr.

Taf. VIII. Fig. 5, 6.

Atrypa assula Barr., Syst. sil. V. Brsch. 1879. T. 93, I. T. 146, VII.

Der Umriss des Gehäuses ist rund scheibenförmig bis quereoval. Beide Schalen sehr flach. Die Schlosskanten nehmen fast die Breite der Schalen ein und stossen in einem Winkel über 100° zusammen. Die Ventralschale hat ihre grösste Wölbung nahe dem Buckel. Von da verflacht sie sich gleichmässig nach allen Seiten, mit einer schwachen Depression nahe am Stirnrand. Der Schnabel steht mässig vor, bei gutem Erhaltungszustand lässt sich unter demselben ein kleines dreieckiges Deltidium wahrnehmen. Die Dorsalschale bildet nach der Stirn zu eine nur wenig gebogene Fläche und plattet sich nach den Seiten gleichmässig in sehr flachem Bogen ab. Mitunter zeigt sich eine mittlere schwache sinusartige Depression. Der Stirnrand ist in flachem Bogen wenig nach oben abgelenkt, an einigen Exemplaren unbedeutend ausgebuchtet. Die Oberfläche gut erhaltener Exemplare hat etwa 30 schwache radiale Streifen, welche man für abgeriebene Rippen zu halten versucht sein könnte, wenn nicht die böhmischen Exemplare genau dieselbe eigenthümliche Streifung hätten. Anwachsstreifen sind nicht wahrzunehmen, dagegen zeichnen sich zwei Exemplare durch das Vorhandensein von Pallien aus.

Der Steinkern der Ventralschale hat zwei stark divergirende, bis zur Schalenmitte reichende Zahnstützen, die Dorsalschale ein kurzes Medianseptum.

Drei Exemplare massen:

Länge	10,	Breite	11,	Höhe	4	mm
"	10,	"	10,	"	3,5	"
"	8,	"	10,	"	3	"

Bemerk. Zwischen der böhmischen, von Barrande erst in seinem letzten Werk über die Brachiopoden Böhmens erwähnten, demnach wohl seltenen Art aus dem Band f^r und der rheinischen Form scheinen Unterschiede nur in so weit zu bestehen, als letztere kleiner bleibt.

Sämmtliche Exemplare wurden in dem Kalk der Grube rothe Erde gefunden, während im Kalk der Grube Hainau ziemlich häufig eine sehr ähnliche Form ohne Rippen vorkommt, welche wohl als eine glatte Varietät der *assula* betrachtet werden muss, und als *var. levitata* bezeichnet werden soll.

Var. levitata. Der Umriss ist wie an der Hauptform, rund scheibenförmig bis queroval, beide Schalen ausserordentlich flach. Mitunter hat der Stirnrand, wie der der Hauptform eine schwache Einbuchtung, Depressionen zeigen sich viel seltener, allein der Stirnrand ist immer schwach nach oben abgelenkt. Die Oberfläche ist vollständig glatt, ohne Anwachsstreifen. Die Exemplare bleiben unbedeutend kleiner wie die der Hauptform.

Atrypa canaliculata Barr.

Taf. VIII. Fig. 7.

Atrypa canaliculata Barr., Syst. sil. V. Brach. 1879. T. 15, I. T. 145, III.—VII.

Es liegen fünf kleine Muscheln aus dem Kalk der Grube Hainau vor, welche zu dieser Art zu zählen sind.

Barrande bezeichnet mit *A. canaliculata* eine kleine flache Muschel, welche einen etwas variablen Umriss hat, und welche mit Sinus bald auf beiden Schalen, bald nur auf einer versehen ist. Der Sinus selbst aber kann sich über die ganze Schale erstrecken, oder auch am Stirnrand nur angedeutet sein.

Die hier gefundenen Exemplare haben gerundet dreiseitigen Umriss, wenig länger wie breit, und gleich stark gewölbte Schalen. Die grösste Höhe der Ventralschale nahe dem Buckel, diejenige der Dorsalschale mehr nach der Mitte gelegen. An drei Exemplaren läuft über die Ventralschale ein schmaler, nahe am Buckel beginnender Sinus, welcher nach dem Stirnrand an Tiefe aber nicht an Breite zunimmt. An dem vierten Exemplar entwickelt sich der Sinus erst nahe am Rand, die Dorsalschale ist ohne Sinus. An dem fünften Exemplar ist die Dorsalschale mit einem schmalen Sinus versehen, die Ventralschale nicht. Die Ränder sind scharf, der Stirnrand ein wenig eingebuchtet und unbedeutend nach oben abgelenkt. Oberfläche glatt, ohne Anwachsstreifen.

Dimensionen:

Länge 7, Breite 6, Höhe 3,5 mm
 " 5, " 4, " 3 "

Bemerk. Obgleich in Böhmen an der beschriebenen Art, wie erwähnt, verschiedene Modificationen in Bezug auf Vorhandensein oder Ausbildung des Sinus vorkommen, fehlt doch die eine im Kalk von Hainau vertretene Abänderung, an welcher die Ventralschale mit Sinus versehen ist, die Dorsalschale nicht.

Trotz dieses Unterschiedes glaube ich die letztgenannten Vorkommen nicht von der böhmischen Art trennen zu können.

Atrypa canaliculata ist eine in Böhmen vorwiegend dem Band e³ angehörende Art. Sie findet sich ausserdem ziemlich häufig in dem Kalk von Greifenstein, und zwar in zwei Modificationen, einmal mit schwachem Ventral-sinus und dann ohne einen solchen, während ein Dorsalsinus immer vorhanden ist. Von diesen Modificationen ist letztere im Kalk von Hainau vertreten, erstere nicht.

Atrypa verrucula Maurer.

Taf. VIII. Fig. 8.

Atrypa verrucula Maur., Kalk b. Greif. S. 43. T. III. F. 9.

Das sehr kleine Gehäuse hat halbkreisförmigen bis querovalen Umriss, wenig breiter wie lang. Beide Schalen von ungleicher Höhe. Die Ventralschale ist stark gewölbt, mit grösster Höhe in der Mitte, von da fällt sie gleichmässig nach der Stirn und den Seiten ab, während der angeschwollene Buckel sich in kurzem Bogen nach dem spitzen, etwas vorragenden Schnabel krümmt. Eine sehr niedrige Area scheint vorhanden zu sein. Die Schlosslinie ist fast gerade, mit gerundeten Ecken.

Die Dorsalschale ist flach scheibenförmig, mit einer schwachen Anschwellung in der Nähe des Buckels. Der Stirnrand ist gerade oder ein wenig nach oben abgelenkt. Die Oberfläche ist glatt ohne Anwachsstreifen. Vier Exemplare von der Grube Hainau.

Massverhältnisse:

Länge 5,5, Breite 6, Höhe 2,5 mm

„ 4,5, „ 5, „ 2 „

Bemerk. *Atrypa verrucula* ist eine zierliche, durch die sehr ungleiche Höhe ihrer Schalen ausgezeichnete Art, deren Vorkommen bis jetzt auf die Kalke von Hainau und Greifenstein beschränkt ist. Sie kommt an beiden Orten in gleichen Grössenverhältnissen vor.

Genus *Glassia* Davidson.*Glassia obovata* Sow.

Taf. VIII. Fig. 9 u. 10.

Atrypa obovata Barr., Syst. sil. V. Brach. 1879 T. 84, 86.*Glassia obovata* Davids., Mon. Br. sil. Brach. Suppl. 1882, T. VII. F. 11—20.

Der Umriss des Gehäuses ist fast kreisförmig, wenig breiter wie lang. Beide Schalen gleich und mässig stark gewölbt. Die Ventralschale hat an einigen Exemplaren eine unter der Mitte beginnende flache Depression, welche den Stirnrand in flach gerundetem Bogen wenig nach oben ablenkt. Dorsalschale ohne Wulst, nur in der Breite der Depression am Rand ein wenig aufgebogen. Stirn und Seitenkanten sind ziemlich scharf. Anwachsstreifen sind nicht an allen Exemplaren zu beobachten. Eine isolirte Dorsalschale zeigt dieselben jedoch in sehr charakteristischer Weise, indem sie sich in gleichen Abständen concentrisch über die ganze Schalenoberfläche verbreiten. Diese Dorsalschale entspricht auch in der Grösse den böhmischen Formen, während alle übrigen Exemplare in ihrer Grösse hinter den letzteren zurückbleiben. Die Lage der Spiralen, welche Davidson Veranlassung gaben, eine Untergattung *Glassia* von *Atrypa* zu scheiden, konnte nicht beobachtet werden. Dagegen fanden sich auf der Grube rothe Erde verschiedene Steinkerne mit Muskeleindrücken, welche genau mit den von Barrande (Pl. 135) mitgetheilten Kernen dieser Art von Hlubocép, g¹, übereinstimmen.

Massverhältnisse:

Länge	13,	Breite	15,	Höhe	—	mm
"	10,	"	11,	"	6	"
"	7,	"	8,	"	4	"

Vorkommen: Gruben Hainau und rothe Erde.

Bemerk. Unsere Exemplare bleiben zwar kleiner wie die böhmischen Ausbildungen, und die charakteristische Blätterung der Schalen ist nicht immer zu beobachten, allein dies ist auch nicht bei allen böhmischen Exemplaren möglich, und so wenig Veranlassung war, die Greifensteiner Vorkommen, welche mit denen unseres Kalkes sehr gut übereinstimmen, von der böhmischen Art zu trennen, können auch die Formen unseres Kalkes als eine besondere Art betrachtet werden.

Glassia obovata ist in Böhmen durch alle Etagen von E bis H vertreten, ausserdem im englischen Silur, und, wie bereits erwähnt, im Kalk bei Greifenstein.

Glassia Beyrichi Kayser.

Taf. VIII. Fig. 11—15.

Rhynchonella Beyrichi Kayser, Fauna v. Bril. 8. 678. T. XXVI. F. 6.*Glassia Whidbornei* Davidson?, Mon. Br. dev. Brach. Suppl. 1882, S. 38, T. I. F. 10—14.

Der Umriss des Gehäuses schwankt zwischen gerundet fünfseitiger, länglichovaler bis kreisrunder Form, mit grösster Breite in der Mitte oder wenig oberhalb derselben. Der Stirnrand ist gerade oder kaum merklich nach oben abgelenkt. Beide Schalen sind immer gleich, bald mässig stark, bald ziemlich flach gewölbt, ohne Sinus und Sattel. Ein langer, wenig gekrümmter Schnabel mit breitem Schlossfeld ist für diese Art charakteristisch. Auf der Mitte des Schlossfeldes liegt ein dreieckiges Deltidium mit länglicher Stielöffnung. Bei gutem Erhaltungszustand erkennt man eine das Deltidium theilende Mittellinie. Die Ränder sind scharf. Die Oberfläche ist glatt, fast kein Exemplar ist jedoch ohne Anwachsstreifen, welche mitunter gegen den Rand zu sich so mehren, dass eine Anschwellung der Stirnregion entsteht, ohne dass der Stirnrand an Schärfe verliert. Schalenstructur faserig. Der präparierte Steinkern zeigt auf der Ventralseite zwei lange divergirende Zahnstützen, in deren Verlängerung Gefässeindrücke liegen, welche sich über die ganze Schale erstrecken; die Dorsalseite zwei schmale, dem Schlossfeld fast parallel liegende Zähne, und die durch ein Medianseptum getrennten Schliessmuskelleindrücke. An einem stark angewitterten Exemplar kommen auf der Ventralschale die nach innen gerichteten Spiralen zum Vorschein.

Massverhältnisse: Länge 10, Breite 9, Höhe 5 mm

"	15,	"	18,	"	9 "
"	17,	"	12,	"	9 "
"	19,	"	17,	"	8 "
"	20,	"	15,	"	8 "

Vorkommen: Grube Hainau sehr häufig, Grube Rothe Erde selten.

Bemerk. Die beschriebene Art wurde von Kayser im Rotheisenstein von Brilon entdeckt, welcher dem oberen Stringocephalen-Niveau angehört. Sie findet sich, wie erwähnt, im Kalk der Grube Hainau ausserordentlich häufig, und wenn in der Beschreibung der äusseren Form etwas weitere Grenzen gezogen wurden, wie sie in der Diagnose Kayser's enthalten sind, so liegt der Grund offenbar nur darin, dass eben hier ein bedeutenderes Material zur Untersuchung zu Gebot stand und eine grössere Zahl von Formschwankungen beobachtet werden konnte. — Die Schlossbildung,

die Lage der Stielöffnung unter dem Schnabel bestimmte Kayser, die Zugehörigkeit der Art zu der Gattung *Rhynchonella* anzunehmen. Die Beschaffenheit der Kerne erregten jedoch in mir Zweifel, ob die beschriebene Form wirklich zur Gattung *Rhynchonella* gehören könne, und Herr Kayser hatte die Freundlichkeit, auf eine in dieser Beziehung an ihn gerichtete Frage mir Folgendes zu erwidern: „Ich muss Ihnen sagen, dass ich jetzt grosse Zweifel daran habe, ob die Briloner Muschel wirklich zu *Rhynchonella* gehört. Das Vorhandensein der Scheidewände im Innern der Ventralklappe und die mit *Rhynchonella* übereinstimmende Lage des Loches genügen kaum, um die Zugehörigkeit zu *Rhynchonella* gesichert erscheinen zu lassen. Es wäre vielmehr sehr möglich, dass die Briloner Form derselben Gattung angehört, wie eine neuerdings (Suppl. Dev. Brach.) von Davidson beschriebene glatte Muschel des englischen Mitteldevon, nämlich *Glassia Whidbornei*, umso mehr, als bei ihr das Loch eine ganz ähnliche Lage hat, wie bei der Briloner und Ihrer Hainauer Form.“

Nachdem mir in neuerer Zeit das oben erwähnte stark angewitterte Exemplar, an welchem nach innen gerichtete Spiralen deutlich zu erkennen sind, in die Hände gekommen war, konnte kein Zweifel mehr sein, dass die Vermuthung Kayser's richtig ist, und die Muschel zur Gattung *Glassia* gehört. Weniger zweifellos ist die Frage, ob die englische *Glassia Whidbornei* mit der rheinischen Form identisch ist. Unterschiede bestehen nämlich darin, dass an der letzteren der Schnabel weniger umgebogen ist, die Spiralen mehr kreisförmig gewunden sind, und die letzte Windung näher dem Rand liegt. Ich möchte diese Unterschiede jedoch zu einer Trennung der englischen und rheinischen Form nicht für ausreichend halten, vielmehr, soweit nach Beschreibung und Abbildungen ein Vergleich möglich ist, in der *Glassia Whidbornei* nur das englische Vorkommen der *Glassia Beyrichi* sehen.

Genus *Rhynchonella* Fischer.

Formengruppe der *Rhynchonella parallelepidea* Bronn.

Eine ausserordentlich grosse Zahl von *Rhynchonellen* unseres Kalkes zeigen eine Formen-Verwandtschaft, welche weniger darin besteht, dass die Formen unter sich ähnlich, als vielmehr, dass sie sämmtlich durch Uebergänge mit einander verbunden sind. Kayser führt unter *Rhynchonella parallelepi-*

peda der Eifel vier Synonymen auf und unterscheidet nur zwei Varietäten. Wenn diese Eintheilung für die Vorkommen der Eifel wohl zweckmässig und genügend gefunden werden kann, reicht dieselbe zur Unterscheidung der in unserem Kalk vorkommenden Formen nicht aus, möglicher Weise nur deshalb nicht, weil hier einzelne Uebergangsformen in grösserer Zahl auftreten, und dadurch das Gesamtbild der Formenreihe verschoben wird.

Da einmal den zahlreichen Abänderungen der *Rhynchonella parallelepipeda* von verschiedenen Forschern eigene Namen gegeben sind, und Kayser in Bezug auf deren Häufigkeit des Auftretens verschiedene Niveaus für die Eifel namhaft macht, kann bei dem Auseinanderhalten der Formen unter eigenen Namen die Uebersichtlichkeit nur gewinnen, und ist die Möglichkeit gegeben, einzelnen Arten, welche der typischen *parallelepipeda* ebenso nahe stehen wie gewisse Varietäten, ihre natürliche Stellung anzuweisen.

Unter den geschilderten Verhältnissen lassen sich folgende Arten unseres Kalkes zu einer Formengruppe der *Rhynchonella parallelepipeda* vereinigen:

1. *Rhynchonella parallelepipeda* Bronn.
2. *Rhynchonella subcordiformis* Schnur.
3. *Rhynchonella implexa* Low.
4. *Rhynchonella pentagona* Goldf.
5. *Rhynchonella primipilaris* Buch.
6. *Rhynchonella angularis* Phill.

1. *Rhynchonella parallelepipeda* Bronn.

Taf. VIII. Fig. 16.

Terebratulina angulosa Schnur, Brach. Eif. 8. 185. T. 25. F. 5.

Das Gehäuse bildet ein fast gleichseitiges Fünfeck von gleicher Länge wie Breite, oder weniger breit wie lang, von mässiger Höhe, mit fast senkrecht stehender Stirn. Die Ventralschale hat in der Nähe des Buckels die grösste Wölbung, fällt nach den Seiten flach ab und erhebt sich etwa in der Mitte zu einem fast senkrechten, verhältnissmässig schmalen Sinus, welcher in die Dorsalschale zungenförmig eingreift; der Stirnrand bildet einen flachen Bogen. Die Seitenkanten des Sinus stehen ein wenig vor und entwickeln sich, ehe sie an der Stirn nach oben in rechtem Winkel umbiegen, zu vorragenden Ecken. Der Schlosskantenwinkel beträgt 130°, der Schnabel ist wenig vorstehend und stark gekrümmt. Die Dorsalschale steigt vom Buckel zum Stirnrand mässig an, mit einem in der Mitte der Schale beginnenden

schmalen, flachen Sattel. Die Naht fällt nicht mit der Stirnkante zusammen, sondern liegt unter derselben. Oberfläche mit flachen, in der Nähe der Buckel auftretenden einfachen Falten bedeckt, welche nur selten und schon vor der Mitte der Schale sich spalten.

Massverhältnisse: Länge 13, Breite 15, Höhe 11 mm

„ 15, „ 15, „ 13 „

Bemerk. *Rhynchonella parallelepida* erreicht nach Kayser in der Eifel ihre grösste Häufigkeit in den Calceola-Schichten, weiter aufwärts wird sie selten. Im Kalk der Grube Hainau fand sie sich weniger häufig wie die folgende.

2. *Rhynchonella subcordiformis* Schnur.

Taf. VIII. Fig. 17.

Terebratula subcordiformis Schnur, Brach. Eif. S. 186. T. 25. F. 6, a, b, c, k, non d e f g.

Der Umriss bildet ein Fünfeck von ungleichen Seiten, breiter wie lang. Die Schlosskanten reichen bis zur Schalenmitte und bilden einen Winkel von 110° . Die Stirn ist breit, die Seiten sind schmal, beide Schalen gleich und wenig gewölbt. Der Schnabel mehr vorstehend und weniger gekrümmt wie an der vorhergehenden Art. Der Sinus der Ventralschale beginnt erst in $\frac{2}{3}$ der Länge und ist breit, der Wulst der Dorsalschale wenig erhaben. Die breiten Falten, welche erst in kleiner Entfernung von den Buckeln auftreten, dichotomieren schon von der Mitte aus.

Massverhältnisse: Länge 17, Breite 19, Höhe 10 mm

„ 10, „ 12, „ 6 „

Bemerk. Die vorliegenden Formen sind flacher wie diejenigen der Eifel und entfernen sich damit von der typischen *parallelepida* noch weiter. Sie finden sich ziemlich häufig, doch meistens in den kleineren angegebenen Verhältnissen, grosse Exemplare bilden eine Ausnahme. Die Art findet sich nach Kayser häufig in der Crinoidenschicht.

3. *Rhynchonella implexa* Sow.

Taf. VIII. Fig. 18.

Rhynchonella implexa Sow. Davids., Mon. Br. dev. Brach. S. 67. T. 14, F. 7—10.
Terebratula subcordiformis Schnur, Brach. Eif. T. 25. F. 6. d, e, f, g.

Der Umriss ist eiförmig bis kreisrund, beide Schalen gleichmässig stark und nur mässig gewölbt, ohne Sinus und Wulst. Die Höhe schwankend, die

schmalen Formen immer verhältnissmässig stärker gewölbt wie die breiten. Die Naht bildet um das ganze Gehäuse eine in der Mitte gelegene, nur selten an der Stirn wenig nach oben abgelenkte Linie. Der Schnabel ist vorstehend, unter demselben häufig ein kleines dreieckiges Deltidium. 20—30 breite, flache Falten bedecken die Oberfläche, sie beginnen an den Buckeln und dichotomiren nur ausnahmsweise, entweder von der Mitte der Schale aus, oder erst am Rand.

Massverhältnisse:

Länge	10,	Breite	7,	Höhe	6	mm
"	11,	"	8,	"	7,5	"
"	12,	"	9,	"	7	"

Bemerk. Die beschriebene Art wird in ihrer eiförmigen Ausbildung von Schnur zu der vorhergehenden subcordiformis gestellt, ohne die englische implexa zu erwähnen, welche er in der flachen und breiteren Ausbildung in der Eifel nicht beobachtet zu haben scheint. Die implexa mag auch mit der subcordiformis durch Mittelformen verbunden sein, nimmt aber schliesslich eine von letzterer so abweichende Gestalt an, dass die Charakteristik der subcordiformis auch in keiner Beziehung mehr passt. Sinus und Wulst sind verschwunden, das Fünfeck in ein Oval umgewandelt, der Schnabel verlängert, die Falten beginnen schon am Buckel. Ich glaube daher, die Abbildungen Schnur's F. 6 d.—g. zu implexa gehörig betrachten zu müssen. Kayser trennt dieselben auch von subcordiformis, vereinigt sie aber mit der weiter unten beschriebenen Rh. pentagona Goldf. Wenn auch beide Formen durch Uebergänge verbunden sind, zeigen sie doch in Umriss und in der Entwicklung von Sinus und Wulst so grosse Verschiedenheiten, dass eine Vereinigung derselben nicht möglich ist.

Die von Sandberger (l. c. T. 33, F. 12, d, f, g) abgebildete Rh. parallepipeda von Villmar ist eine Zwischenform von subcordiformis und implexa. Sie hat den Umriss der letzteren, ist aber noch mit einem deutlichen Wulst versehen, welcher der eigentlichen implexa fehlt.

4. *Rhynchonella pentagona* Goldf.

Taf. VIII. Fig. 19.

Rhynchonella pentagona Goldf. Kayser, Brach. Eif. S. 508. T. 9. F. 4.

Diese sehr kleine, zierliche Muschel hat fünfseitigen Umriss und mässige Höhe. Die Schlosslinien vereinigen sich unter einem stumpfen Winkel und

sind lang, so dass die grösste Breite des Gehäuses in der durch Schlosslinie und Seitenkante gebildeten scharfen Ecke liegt. Stirn schmal. Beide Schalen gleich und flach gewölbt. Die Ventralschale hat vorstehenden, wenig gekrümmten Schnabel und einen am Buckel beginnenden, nicht sehr tiefen und schmalen Sinus, der von scharfen Kanten begrenzt wird. Die Dorsalschale hat einen am Buckel beginnenden, sehr flachen Wulst. Die Kanten sind am ganzen Umfang des Gehäuses stark abgerundet, die Stirnnaht ist wenig nach oben abgelenkt. Von den in der Nähe der Buckeln beginnenden flachen bis scharfkantigen Falten liegen 5 auf Sinus und Wulst, und 7 auf jeder Seite. Einzelne Falten dichotomieren in der Nähe des Randes.

Massverhältnisse:

Länge 8, Breite 6, Höhe 4 mm.

Findet sich ausserordentlich häufig im Kalk der Grube Hainau, nach Kayser in der Crinoidenschicht der Eifel.

Bemerk. *Rhynchonella pentagona* unterscheidet sich, abgesehen von ihrer Kleinheit, von der typischen *parallelepiped*a durch fünfseitigen Umriss, weniger tiefen Sinus und schwachen Wulst, und durch die scharfen Seitenkanten des Sinus, welche bei *parallelepiped*a nur angedeutet sind. Sie ist jedoch mit dieser durch zahlreiche Uebergänge verbunden.

5. *Rhynchonella primipilaris* Buch.

Taf. VIII. Fig. 20.

Terebratula primipilaris Buch, Ueb. Tereb. S. 88. T. 2. F. 29.

Terebratula primipilaris Schnur, Brach. Eif. S. 187. T. 24. F. 3.

Rhynchonella primipilaris Kayser, Brach. Eif. S. 511.

Das Gehäuse hat gerundet fünfseitigen Umriss, ist wenig breiter wie lang und ziemlich flach. Die Schlosskanten sind lang und stossen unter einem sehr stumpfen Winkel zusammen. Die Ventralschale ist wenig gewölbt, mit einem gegen die Mitte der Schale beginnenden flachen Sinus, welcher an der Stirn sich nur wenig erhebt und eine flachbogige Zunge bildet. Die Seitenkanten des Sinus sind scharf und endigen mit vorstehenden Ecken. Die Dorsalschale ist etwas gewölbter und steigt vom Buckel zur Stirn in flachem Bogen an, einen wenig erhobenen, flachen Sattel bildend. Schnabel etwas vorstehend und gekrümmt.

Die an den Exemplaren der Eifel mitunter sehr starke Einbiegung der Seitenränder zeigt sich nicht in so auffallender Weise, ist aber vorhanden.



Oberfläche mit ziemlich scharfkantigen Falten bedeckt, welche durch ebenso scharfe Furchen getrennt werden. Die Falten dichotomiren in der Nähe des Randes, häufiger auf den Seiten, seltener auf Sinus und Wulst.

Massverhältnisse: Länge 10, Breite 11, Höhe 5 mm

„ 12, „ 13, „ 8 „

Vorkommen: Kalk der Grube Hainau.

Bemerk. *Rhynchonella primipilaris* ist nach Kayser eine Eifeler Localart, welche auf die Crinoidenschicht beschränkt ist. Um so interessanter erscheint das Vorkommen dieser Muschel im Kalk von Hainau und umso mehr wird man veranlasst, eine genaue Vergleichung der Formen vorzunehmen. In der Grösse besteht kaum ein Unterschied, die hier gefundenen Exemplare sind im Ganzen etwas kleiner. Der Umriss ist genau derselbe, die Einbiegung der Seitenränder beider Vorkommen gemeinschaftlich, die Schärfe der Falten übereinstimmend, ebenso die Gabelung derselben am Rand, aber an einzelnen Exemplaren ist die Spaltung der Falten und ihre Gabelung am Rand eine weniger zahlreiche. Dieser Unterschied ist selbstverständlich zu unbedeutend, um die Formen unseres Kalkes von denen der Eifel zu trennen.

In Bezug auf die Verwandtschaft der Art mit *Rh. parallelepipedica* ist wohl sicher anzunehmen, dass sie derselben ebenso nahe steht wie die *pentagona*, in mancher Beziehung noch näher. Es ist z. B. eine Einbiegung der Seitenränder manchmal auch an *parallelepipedica* zu beobachten, ebenso eine den Sinus begrenzende Kante. Sie unterscheidet sich von *parallelepipedica* nur durch die Flachheit der Schale und die scharfen, häufiger dichotomirenden Falten. Letztere Eigenschaften finden wir jedoch an manchen Exemplaren der *pentagona* wieder, und sind junge Individuen beider Arten, welche in unserm Gebiet zahlreich vorkommen, oft nicht zu unterscheiden. Man kann sagen, dass *primipilaris* durch Uebergänge mit *pentagona* in demselben Verhältniss verbunden ist, wie letztere mit *parallelepipedica*. Nimmt man die eine Verwandtschaft an, muss man auch die andere annehmen, und kann man, wie mir scheint, die *primipilaris* mit vollem Recht in die Gruppe der *parallelepipedica* einreihen.

6. *Rhynchonella angularis* Phill.

Taf. VIII. Fig. 21. 22.

Rhynchonella angularis Davids., Mon. Br. dev. Brach. 8. 68. T. 14. F. 11—13.

Gehäuse klein, gerundet fünfseitig, beide Schalen gleich und mässig stark gewölbt, mit scharfen Kanten. Der kleine Schnabel wenig vorstehend.

Einem flachen, schon in der Nähe des Buckel beginnenden und bis zum Stirnrand breiter werdenden Sinus der Ventralschale entspricht ein ebenso flacher, aber deutlich begrenzter Wulst der Dorsalschale. Oberfläche jeder Schale mit 12 flachen Rippen bedeckt, welche vereinzelt sich spalten, etwa vier liegen im Sinus, die gleiche Zahl auf dem Wulst, sechs bis sieben auf den Seiten. Der Stirnrand ist kaum abgelenkt.

Massverhältnisse: Länge 5, Breite 6, Höhe 2,5 mm.

Im Kalk der Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Art hat viele Aehnlichkeit mit der parallelepida und könnte, wie schon Davidson bemerkt, leicht für einen Jugendzustand dieser betrachtet werden, allein sie unterscheidet sich von ihr durch die Schärfe der Kanten, indem beide Schalen an ihrem ganzen Umfang unter einem sehr spitzen Winkel zusammenstossen, während bei parallelepida die Ränder umgebogen sind und die Naht stumpf ist. Dieselben Unterschiede bestehen zwischen angularis und pentagona, auch ist bei letzterer die Zahl der Rippen eine grössere. Von den englischen Vorkommen unterscheiden sich unsere Exemplare darin, dass sie etwas kleiner bleiben. Aus der Eifel ist die Art nicht bekannt.

Rhynchonella cuboides Sow.

Taf. VIII. Fig. 23—25.

Atrypa cuboides Sowerby, Transact. Geol. Soc. 2 Ser. vol. V 1840. T. 56. F. 24.

Rhynchonella cuboides Davidson, (*Atrypa impleta* Sow.), Mon. Br. Dev. Brach. 1865. S. 65. T. 13. F. 20, 31.

(*Atrypa crenulata* Sow.), l. c. S. 65, T. 13. F. 19.

Diese Art ist durch mehrere unter sich wohl sehr verschieden ausgebildete, aber doch durch gemeinsame Merkmale verbundene Exemplare vertreten. Der Umriss ist gerundet fünfseitig, breiter wie lang, das Gehäuse mehr oder weniger stark gewölbt. Ventralschale flach mit vorstehenden Seitenrändern. Der Sinus, sehr flach und breit, erhebt sich von der Mitte der Schale mehr oder weniger senkrecht bis zum Stirnrand, an den hoch gewölbten Exemplaren eine paralleelseitige Zunge bildend. Die Dorsalschale ist stark gewölbt, sie steigt gleich vom Buckel aus sehr stark an, während auf der zweiten Hälfte der Schale die Steigung etwas abnimmt; der Sattel ist breit und flach. Der gekrümmte Schnabel wenig vorstehend. Oberfläche mit mehr oder weniger zahlreichen flachen Falten bedeckt, welche durch eine scharfe Furche geschieden sind. Man zählt 10—12 Falten auf den Seiten und

5—6 auf Sinus und Wulst. Sie sind gewöhnlich im Sinus, manchmal auch auf den Seiten durch eine schmale mittlere Linie gespalten. Kanten ziemlich scharf.

Als Abänderungen der Hauptform sind zu betrachten:

1) *Atrypa impleta* Sow. Eine hohe Form, welche sich durch weniger zahlreiche Rippen und durch Fehlen, oder wenigstens undeutliches Auftreten von mittleren Furchen auszeichnet.

2) *Atrypa crenulata* Sow., eine Form mit sehr flacher Dorsalschale und zahlreichen Rippen ohne mittlere Furchen. (Diese Abänderung findet sich auch im oberdevonischen Kalk bei Grund im Harz).

Vorkommen: Gruben Hainau und rothe Erde.

Massverhältnisse:

Länge	11,	Breite	16,	Höhe	12 mm (Hauptform),
"	16,	"	21,	"	13 " (impleta),
"	12,	"	21,	"	8 " (crenulata).

Bemerk. Die Formen des Mitteldevon unterscheiden sich, mit Ausnahme der var. *crenulata*, von der typischen Ausbildung des Oberdevon durch weniger zahlreiche Rippen. Im Mitteldevon der Eifel ist die Art nicht vertreten, sie findet sich dort erst und zwar selten in den oberdevonischen Kalken von Büdesheim. Dagegen findet sie sich nach Kayser¹⁾ vereinzelt im Mitteldevon in Nassau ohne Angabe der Fundstelle; ausserdem in England. In unserem Kalk ist die Hauptform des englischen Mitteldevon mit ihren verschiedenen Abänderungen vertreten.

Rhynchonella? subcuboides Giebel.

Taf. VIII. Fig. 26—28.

Rhynchonella subcuboides Giebel, Sil. T. Unterh. V. 40. T. 5. F. 7.

Rhynchonella subcuboides Kayser, Dev. Harz. 8. 155. T. 26. F. 14.

Atrypa astuta Barrande, Syst. sil. V. Bräch. 1879, T. 18, V.

Das Gehäuse hat gerundet fünfseitigen Umriss, ist mässig dick bis aufgebläht, mit steiler, bis senkrecht stehender Stirn. Die Verhältnisse der Höhe, Länge und Breite sind ein wenig schwankend, im Ganzen ist die Breite gegenüber der Länge vorherrschend, die Höhe entspricht der Hälfte bis $\frac{2}{3}$ der Breite. Beide Schalen sind ungleich stark gewölbt. Die Ventralschale ist flach, am Buckel angeschwollen, die Seiten öfter ein wenig flügel förmig vortretend; ein in der Mitte der Schale beginnender breiter, flacher Sinus

¹⁾ Kayser, Brach. Eif. 8. 515.

erhebt sich fast rechtwinkelig und greift tief in die Dorsalschale ein. Der Schnabel ist zwar gekrümmt, aber vorstehend, in seiner Spitze eine runde Stielöffnung, unter derselben ein kleines Deltidium. Die Dorsalschale ist stark gewölbt. Die Wölbung beginnt am Buckel mit steiler Steigung und niunnt erst in der Nähe der Stirn ab. Ein der Breite des Sinus entsprechender Sattel beginnt zwar erst auf der zweiten Hälfte der Schale und steigt wenig an, tritt aber an der Stirn sehr vor, indem die Schale nach den Seiten steil abfällt. Die Ränder sind scharf, die Naht fällt mit der Stirnkaute zusammen, letztere bildet die höchste Höhe der Muschel oder liegt ein wenig unter derselben. Die Oberfläche zeigt zahlreiche, am Buckel undeutlich beginnende, nach den Rändern breiter werdende einfache flache Falten, von denen 4—6 auf Sinus und Sattel und 8—10 auf jeder Seite liegen.

Der innere Bau lässt sich zwar nicht mit Sicherheit und vollständig erkennen, allein aus dem Befund angewitterter Exemplare geht hervor, dass die Ventralschale zwei halbkreisförmig gebogene Zahnstützen hat, welche eine birnförmige Vertiefung einschliessen; die Dorsalschale ein Medianseptum, auf beiden Seiten einen kleinen Armfortsatz, und auf der Mitte der Schale, durch das Medianseptum getrennt, zwei schmale Eindrücke des Schliessmuskel. Diese allerdings unvollständig bekannte innere Beschaffenheit der Schalen zeigt grosse Uebereinstimmung mit derjenigen der Rhynchonellen.

Dimensionen:

Länge	19,	Breite	20,	Höhe	14 mm
"	18,	"	15,	"	13 "
"	15,	"	15,	"	11 "
"	10,	"	11,	"	9 "

Var. plana. Neben der Hauptform mit stark gewölbter Dorsalschale kommt eine flache Abänderung gar nicht selten vor. Sie hat genau denselben Umriss, dieselbe Rippenbildung und den breit aufsteigenden Sinus, nur ist die Dorsalbreite weniger gewölbt, und gewöhnlich die Breite beträchtlicher wie die Länge. Es finden sich zahlreiche Uebergänge zur Hauptform.

Dimensionen:

Länge	16,	Breite	19,	Höhe	9 mm
"	15,	"	19,	"	9 "
"	14,	"	16,	"	9 "

Nachdem im Kalk bei Altenberg mehrere kleine Exemplare dieser Art gefunden worden waren, fand sich auf der Grube rothe Erde eine grössere Zahl (an 40 Stück) in mehr schlecht wie gut erhaltenem Zustand auf kleinem

Raum dicht zusammengedrängt, und ist es ein glücklicher Zufall zu nennen, dass gerade diese Stelle angeschlagen worden war.

Bemerk. In Bezug auf die Vereinigung der beschriebenen Muschel, sowohl mit *Atrypa astuta* wie mit *Rhynchonella subcuboides*, wäre Folgendes zu bemerken. Die äussere Form der rheinischen Art zeigt mit der böhmischen *Atrypa astuta* des Bandes e³ eine so grosse Uebereinstimmung, dass beide Vorkommen zu einer Art gehörend betrachtet werden müssen. Diese Uebereinstimmung besteht auch in Bezug auf die flache Abänderung, welche beiden Vorkommen gemeinschaftlich ist. Barraude hat diese Annahme durch folgende Bemerkung bestätigt:

„Je pense comme vous, que ces 3 specimens, un peu variables, peuvent être associés à ma forme typique — Pl. 18, V — Je pense aussi, que dans les grandes specimens de la Bohême les angles sont un peu plus arrondis que dans les vôtres. Cette espèce est très rare et caractérise ma bande e³.“

Ein Unterschied besteht, soweit die vorliegenden Abbildungen einen Vergleich ermöglichen darin, dass an den grösseren böhmischen Exemplaren die Seitenkanten ein wenig mehr abgerundet sind und der Schnabel anscheinend aufliegt, an der rheinischen Form der spitze Schnabel etwas vorsteht und ein kleines *Deltidium* sichtbar wird. Diese Unterschiede können jedoch leicht an einer und derselben Art in gleichem Niveau sich zeigen, und kann darin eine Artenverschiedenheit nicht gefunden werden. Da der Text zu Barraude's Brachiopoden-Tafeln noch nicht veröffentlicht ist, so lässt sich nicht ersehen, welche Gründe Barraude veranlasst hatten, die einer *Rhynchonella* täuschend ähnliche Form zu *Atrypa* zu stellen. Sehr wahrscheinlich die runde Stielöffnung in der Schnabelspitze.

Genau dieselbe Uebereinstimmung in der äusseren Ausbildung besteht zwischen unserer Muschel und der *Rhynchonella subcuboides*, welche auch durch eine Stielöffnung in der Schnabelspitze ausgezeichnet ist, und damit unter den *Rhynchonellen* eine Ausnahmestellung einnimmt, welche Giebel (l. c. Seite 40) zu der Bemerkung Veranlassung gab, dass die Harzer Art mehr auf *Atrypa* wie auf *Rhynchonella* hinweise. Bei den die Vorkommen unseres Kalkes auszeichnenden Formschwankungen sind nicht alle unsere Exemplare der typischen *subcuboides* vollständig gleich, es sind dies nur die hohen Formen, während ein Theil, insbesondere die Varietät *plana* flacher ausgebildet ist. Uebrigens scheinen bei der Harzer Form auch Schwankungen vorzukommen, indem Giebel einen rechtwinkeligen Sinus beobachtet hat, Kayser eine schräg stehende Zunge.

In Bezug auf die Uebereinstimmung der Harzer und böhmischen Form könnte etwa hervorgehoben werden, dass die Harzer subcuboides möglicher Weise etwas kürzer gebaut ist wie die böhmische *astuta*. Dem gegenüber wäre jedoch zu bemerken, dass in unserem Kalk gleichzeitig gedrungene und längere Ausbildungen vorkommen.

Aus diesen vergleichenden Bemerkungen kann man wohl den Schlus ziehen, dass die erwähnten Formen des böhmischen Becken, des Harzes und unseres Kalkes einer und derselben Art angehören. Schwieriger ist schon die Frage zu beantworten, unter welche Gattung die Art einzureihen ist.

Wie oben erwähnt, lassen mehrere angewitterte Exemplare darauf schliessen, dass die Ventralschale zwei halbkreisförmig gebogene Zahnstützen hat, welche eine birnförmige Vertiefung einschliessen, die Dorsalschale ein Medianseptum mit einem kleinen Armfortsatz auf jeder Seite. Diese Beschaffenheit der Schalen würde ganz gut mit dem Bau einer *Rhynchonella* übereinstimmen, allein aus dieser im Ganzen unvollständigen Kenntniss des inneren Baues lässt sich um so weniger mit Sicherheit auf eine *Rhynchonella* schliessen, als die durchbohrte Schnabelspitze eine dieser Gattung fremde Erscheinung ist.

Rhynchonella pugnus Martin.

Taf. VIII. Fig. 29—32.

Terebratula pugnoides Schnur, Brach. Eif. S. 177. T. 23. F. 5.

Rhynchonella pugnus Davids., Mon. Br. dev. Brach. S. 63. T. 13. F. 8—10.

Terebratula anisodonta Phillips., Davids. Mon. Br. dev. Brach. S. 63. T. 12. F. 12—14.

Rhynchonella pugnus Kayser, Brach. Eif. S. 522.

Zu dieser Art gehört eine grössere Zahl unter sich verschiedener, aber doch durch Uebergänge verbundener Formen, welche der Uebersichtlichkeit wegen eine getrennte Beschreibung nothwendig machen. Diese Trennung lässt sich sehr leicht ausführen, weil ein Theil der Formen sich an die Eifeler Vorkommen anschliesst, ein anderer an die im englischen Mitteldevon vorherrschenden Formen.

1. Hohe Form der Eifel.

(*Terebr. pugnoides* Schnur.)

Das Gehäuse hat die hohe Gestalt der typischen Form des Kohlenkalkes, ist breiter wie lang, mit breitem, senkrechtem Sinus. Ein eigentlicher Sattel nicht

vorhanden, nur die Falten erheben sich über die Fläche. Diese sind flach und treten erst in der Nähe des Randes auf, sind aber zahlreich, 7—8 im Sinus, 6—7 auf dem Wulst und 5 auf den Seiten. Sie greifen an der Naht ungewöhnlich tief zickzackförmig ineinander, so dass auf den Falten der Ventral- schale, welche überhaupt etwas tiefer reichen, ein mittlerer Einschnitt entsteht, welcher leicht mit der Naht der Gruppe der *Wilsoni* verwechselt werden kann.

Die beiden Exemplare von der Grube Hainau sind ein wenig flach gedrückt und haben folgende Dimensionen:

Länge 11, Breite 19, Höhe 20 mm
 " 12, " 19, " 16 "

2. *Rhynchonella anisodonta* Phill.

Das Gehäuse hat vorherrschend querovalen Umriss, von grösserer Breite wie Länge, mässig hoch, seltener sind mehr gewölbte Formen, an welchen die Höhe der Breite fast gleich kommt. Häufig finden sich gedrückte Exemplare, welche auf eine dünne Schale dieser Art schliessen lassen. Die Ventral- schale ist in ihrer ersten Hälfte nur am Buckel schwach gewölbt, nach den Seiten flach und ein wenig ausgeschweift. Die zweite grössere Hälfte erhebt sich fast senkrecht, einen breiten, flachen Sinus bildend, bis zum schwach gebogenen Stirnrand. Der Schnabel ist wenig vorstehend, die Schlosskanten, welche unter einem stumpfen Winkel zusammenstossen, erstrecken sich fast bis zur halben Länge der Muschel. Die Dorsalschale steigt vom Buckel bis zum Stirnrand bauchig an und fällt nach den Seiten in flachem Bogen ab; ein breiter, flacher Sattel entsteht erst in der Nähe des Stirnrandes dadurch, dass die Seiten ein wenig steiler abfallen. Die Kanten sind scharf. Die Oberfläche ist in ihrer grössten Ausdehnung glatt, erst in der Nähe des Randes treten flache, durch starke Furchen getrennte Falten auf, welche an den Seiten weniger, im Sinus stark zickzackförmig ineinander greifen. Die Furchen der Dorsalschale spalten, indem sie sich zuspitzen, die im Sinus liegenden Falten oft in beträchtlicher Länge. Die Zahl der Falten variiert ganz ausserordentlich. Ein Exemplar hat zwei stumpfe Falten im Sinus, drei auf dem Sattel, zwei auf den Seiten. Die grösste Zahl ist 5—6 auf dem Sattel und im Sinus, 5 auf den Seiten.

Dimensionen: Länge 15, Breite 22, Höhe 10 mm
 " 16, " 20, " 16 "
 " 21, " 27, " 17 "

Vorkommen: Grube Hainau und rothe Erde.

3. Var. *denticulata* n.

(*Rhynchonella pugnus* Mart., var.? Kayser? Brach. Eif. 8. 523. T. IX. F. 6.)

Der Umriss gleicht dem vierten Theil eines Kreisabschnittes, gebildet durch die langen geraden Schlosskanten, welche unter einem Winkel von 120° zusammenstossen und die zu einem Bogen vereinigten Seiten und Stirnkanten. Die Ventralschale ist flach, mit stark ausgeschweiften Seiten und vorstehenden Ecken, und einem schon vor der Mitte nach oben abgelenkten sehr breiten Sinus. Die Dorsalschale ist zwar auch flach, hat aber eine wenig stärkere Wölbung, mit einem schwach vortretenden Sattel, welcher nur dadurch entsteht, dass die in der Mitte liegenden Falten etwas stärker entwickelt sind. Im Sinus liegen 3, der Sattel wird durch 4 breite gerundete Falten gebildet, die Seiten haben 2—3 schwächere Falten. Sie treten erst gegen die Mitte der Schale deutlich hervor, und endigen am Rand in hohen, spitz zulaufenden Zacken. Letztere treten besonders stark an den Ecken der Seitenränder vor. Die Furchen der Dorsalschale schneiden tief in die Falten der Ventralschale ein. An einem Exemplar lassen sich deutlich Spuren zickzackförmiger Streifen in den Furchen der Ventralschale erkennen, eine Erscheinung, welche auch an gut erhaltenen typischen Exemplaren des Kohlenkalkes zu beobachten ist.

Vorkommen: Grube Hainau.

Länge 11, Breite 16, Höhe 9 mm

„ 14, „ 18, „ 11 „

Bemerk. Die beschriebene, in vier Exemplaren gefundene Form weicht zwar sehr von der typischen *pugnus* ab, ist aber mit der Hauptform unseres Kalkes durch mehrere Uebergänge verbunden und schliesst sich eng an gewisse Abänderungen der englischen *anisodonta* (vergl. Davids. Pl. XII. F. 14) an. Eine mit ihr fast vollständig übereinstimmende Form ist die von Kayser nach einem Exemplar aus den dolomitischen Stringocephalen-Kalken über der Crinoidenschicht bei Gerolstein in der Eifel als *Rhynch. pugnus* Mart. var.? beschriebene. Der einzige Unterschied ist der, dass das Eifeler Exemplar im Sinus zwei, auf dem Sattel drei Falten hat, unsere Exemplare drei im Sinus, vier auf dem Sattel, und die Falten etwas näher am Buckel schon auftreten. Wenn auch in dieser Art der Faltenbildung unsere Exemplare einige Aehnlichkeit mit der im englischen Oberdevon und Kohlenkalk verbreiteten *Rhynch. pleuron* haben, indem bei letzterer die Falten schon am Buckel beginnen, so sind

diese doch schärfer, während unsere *denticulata* flachere Falten hat, und nicht nur durch ihre Faltenbildung, sondern auch in Bezug auf ihre Gestalt durch mehrere Uebergangsformen mit der *pugnus* resp. der *anisodonta* verbunden ist.

Rhynchonella pugnus findet sich im Kalk der Gruben Hainau und Rothe Erle nicht selten, und wenn auch gewöhnlich schlecht erhalten, nicht nur in grösseren Dimensionen wie in der Eifel, sondern auch in einer grösseren Zahl von Formschwankungen. Die typische *pugnus* gehört dem Kohlenkalk an und hat im Allgemeinen weniger zahlreiche Falten wie diejenige des Mitteldevon. Noch grössere Verschiedenheiten zeigt eine Form des englischen Mitteldevon, die vorstehend beschriebene *Rh. anisodonta* Phill., welche von Davidson mit *pugnus* vereinigt wurde. Die grössere Zahl unserer Exemplare ist mit der *anisodonta* des englischen Mitteldevon übereinstimmend, während die der typischen Form des Kohlenkalkes sich mehr nähernden Ausbildungen unseres Kalkes von den Formen der Eifel durch grössere Faltenzahl sich auszeichnen.

Rhynchonella acuminata Martin.

Taf. VIII. Fig. 33–36.

Rhynchonella pugnus Sandb., Rhein. Sch. Nass. 8. 338. T. 33. F. 6.

— *acuminata* Davids., Mon. Br. dev. Brach. 8. 60. T. 13. F. 1–3.

— *acuminata*, var. *plicata* Sow., Davids., Mon. Br. Carbon Brach. 8. 95. T. XXI. F. 4–13.

— *acuminata*, var. *platiloba* Sow., Davids., Mon. Br. Carbon Brach. 8. 93. T. XXI. F. 14–20.

— *acuminata* Kayser, Brach. Eif. 8. 524. T. IX. F. 7.

Das Gehäuse hat dreiseitigen oder gerundet vierseitigen Umriss, breiter wie lang und bedeutende Höhe, welche bis zu doppelter Länge anwachsen kann, mit allen Abstufungen bis zu vollständig flacher Gestalt. Die wenig gewölbte Ventralschale biegt sich nahe am Buckel mehr oder weniger nach oben und bildet im ersteren Fall einen hohen, mehr oder minder spitz zulaufenden Sinus oder endet bei flacher Ausbildung flachbogig am Stirnrand. Die Seitenränder sind ausgeschweift. Die Dorsalschale ist bei starker Biegung der Ventralschale steil nach oben gerichtet, und beide Schalen laufen in einem spitzen Winkel an der Stirn zusammen. Je geringer die Biegung der Ventralschale, desto flacher wird die Muschel. Die Oberfläche ist glatt. Die meisten Exemplare haben auf Sinus und Wulst wenige vom Stirnrand auslaufende kurze, selten bis gegen die Mitte der Schale reichende, breite, flache Falten. Seltener sind auf den Seiten liegende kurze Falten.

Es lassen sich in unserem Kalk folgende Abänderungen unterscheiden:

1) Die typische Form von doppelter Höhe wie Breite und mit spitzbogiger Zunge endigendem Sinus der Ventralschale. Im Sinus 3—4 flache Falten. Dieser Ausbildung gehören die grössten Exemplare an.

Länge 14, Breite 24, Höhe 30 mm.

2) *Var. plicata* Sow. Hohe Form, jedoch mit etwas vorherrschender Breite, senkrecht erhobener Ventralschale und breitem Sinus, welcher mit mehr oder weniger breiter Zunge endet. Die Zahl der kurzen flachen Falten schwankt zwischen 2—4 auf Sinus und Wulst. Die Seiten sind glatt oder haben bis 3 flache Falten.

Auf Grube Rothe Erde besonders häufig.

Dimensionen:

Länge 15, Breite 18, Höhe 14 mm
 " 15, " 20, " 16 "
 " 17, " 26, " 22 "

3) *Var. platiloba* Sow. mit weniger steil aufsteigender Ventralschale, die Breite vorherrschend, mit 2 bis zu 6 mehr oder weniger kurzen flachen Falten auf Sinus und Sattel, auf den Seiten 2—3 kurze Falten, oder Gehäuse auch ganz glatt.

Grube Rothe Erde.

Dimensionen:

Länge 14, Breite 18, Höhe 8 mm
 " 20, " 21, " 10 "

4) *Var. ephippia* nov. Das Gehäuse hat querovalen Umriss, breiter wie lang, der Schlosskantenwinkel sehr stumpf, das ganze Gehäuse ausserordentlich flach und in Folge starker Ausschweifung der Seiten einem Reitersattel nicht unähnlich. Die Ventralschale ist der Stammform gleich nur am Buckel ein wenig angeschwollen, an den Rändern ausgeschweift, in der Mitte zu einem sehr breiten und flachen Sinus sich entwickelnd, während der Stirnrand einen flachen Bogen bildet. Der spitze Schnabel steht ein wenig vor. Die vom Buckel nur sehr wenig bis zum Stirnrand ansteigende Dorsalschale hat keinen Wulst, sondern bleibt flach. Der Schalenrand ist scharf, die Oberfläche glatt.

Findet sich im Kalk der Gruben Hainau und Rothe Erde ziemlich häufig.

Massverhältnisse:

Länge 15, Breite 21, Höhe 6 mm
 " 9, " 10, " 4 "
 " 8, " 10, " 4 "

Diese durch ausserordentliche Flachheit beider Schalen ausgezeichnete Form hat zwar eine der typischen *acuminata* gerade entgegengesetzte Ausbildung, ist aber durch zahlreiche Uebergänge mit ihr verbunden und steht der *platiloba* am nächsten. Auch im englischen Carbon finden sich sehr flache Ausbildungen der *platiloba* (vergl. Davidson Carbon Brach. Pl. XXI. F. 19 u. 20), welche als Uebergangsformen zur *ephippia* betrachtet werden können.

Bemerk. Unsere Exemplare der *Rhynch. acuminata* erreichen eine bedeutendere Grösse wie diejenigen der Eifel und finden sich häufiger wie dort, wo sie nach Kayser als Seltenheit in der Crinoidenzone gefunden werden. Ein Exemplar aus der Gegend von Kerpen in der Eifel hat 7 Länge, 8 Breite und 6 mm Höhe, ist demnach um die Hälfte kleiner wie unsere Exemplare. Dagegen stimmen letztere sehr gut mit den Formen von Villmar und dem englischen Mitteldevon überein, welche an Grösse den typischen Vorkommen des Kohlenkalkes nicht nachstehen. Die Formen unseres Kalkes übertreffen letztere noch in der Mannigfaltigkeit ihrer Ausbildung.

Rhynchonella aptycta Schnur.

Taf. VIII. Fig. 37.

Terebratula aptycta Schnur, Brach. Eif. 8. 189. T. 26. F. 6.
Rhynchonella aptycta Kayser, Brach. Eif. 8. 525.

Das Gehäuse hat gerundet fünfseitigen Umriss, ist wenig breiter wie lang und hoch gewölbt. Die Ventralschale ist im ersten Drittheil flach, mit einer wulstigen Wölbung am Buckel und einem vor der Mitte beginnenden breiten flachbogigen Sinus, welcher in die Dorsalschale tief eingreift und den Stirnrand in breiten, bis mässig breiten Bogen ablenkt. Die Seitenränder treten stark und scharfkantig über den Sinus vor. Die Ventralschale erhebt sich am Buckel steil fast bis zur Mitte der Länge, von da nimmt sie mehr horizontale Richtung bis zum Stirnrand an, oder senkt sich wenig in der Nähe des letzteren. Ein Wulst nicht bemerkbar, die Schale fällt vom Rücken nach den Seiten in einem hohen Bogen ab. Stirn und Seitenränder sind scharf. Die schon ziemlich abgeriebene Schalenoberfläche ist glatt und lässt keine Anwachsstreifen erkennen.

Neben der typischen hohen Form kommen, durch Uebergänge mit ihr verbunden, auch einige Exemplare mit weniger stark gewölbter Dorsalschale vor, analog der flachen Ausbildung der *acuminata*, welche ich als Varietät

ephippia bezeichnet habe. Die flachen Formen der beiden genannten Arten sind kaum zu unterscheiden. Beide haben glatte Oberfläche, doch bleibt der Umriss der aptycta immer gerundet fünfseitig, während ephippia eine breite Schlosslinie und mehr querovale Ausbildung hat.

Grube Rothe Erde.

Vier Exemplare massen:

Länge	12,	Breite	14,	Höhe	11 mm
"	13,	"	14,	"	8 "
"	12,	"	12,	"	8 "
"	10,	"	12,	"	6 "

Bemerk. Unsere Exemplare sind ein wenig kleiner wie diejenigen der Eifel. Die Art kommt nach Kayser als Seltenheit in den Calceola-Schichten vor.

Rhynchonella tetratoma Schnur.

Taf. VIII. Fig. 38.

Terebratula tetratoma Schnur, Brach. Eif. 8. 176. T. 23. F. 4.

Rhynchonella tetratoma Kayser, Brach. Eif. 8. 526.

Das kleine Gehäuse hat gerundet fünfseitigen Umriss, mit vorherrschender Länge und mässiger Höhe. Die Schlosskanten sind lang und gerade und stossen unter einem Winkel von 100° zusammen. Beide Schalen sind gleich stark gewölbt, der Schnabel steht vor und ist leicht gekrümmt. Der Sinus der Ventralschale beginnt am Buckel, er ist von zwei Kanten begrenzt und bleibt flach bis zum Stirnrand, welcher in einem mehr oder weniger flachen Bogen nach oben abgelenkt ist. Die Dorsalschale hat einen, ebenfalls am Buckel beginnenden, ziemlich flach bleibenden Sattel. Die Ränder sind scharf. Oberfläche mit mässig scharfen, nur selten dichotomirenden, an den Buckeln beginnenden Falten bedeckt, von denen vier auf dem Sattel und 6—7 auf den Seiten liegen.

Massverhältnisse:

Länge 6, Breite 5, Höhe 3 mm.

Vorkommen: Selten im Kalk der Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Muschel kann leicht mit der pentagona verwechselt werden, mit welcher sie gleichen Umriss hat. Sie unterscheidet sich von ihr durch die Schärfe der Kanten und die in flachem Bogen abgelenkte Stirnkante und Naht. Unsere Exemplare, welche sich auf die Zahl fünf beschränken, bleiben etwas kleiner wie diejenigen der Eifel. Auch dort

findet sich nach Kayser die Art selten in dem oberen Calceola-Niveau und der Crinoidenschicht.

Rhynchonella tetratoma gehört zur Formengruppe der Rh. parallelepipedata, und hätte unter diese eingereiht werden müssen.

Rhynchonella triloba Sow.

Taf. VIII. Fig. 39, 40.

- Atrypa triloba* } Sow. Trans. geol., Soc. V. T. 56. F. 14, 25.
 — *latissima* }
Terebratulina fornicata Schnur, Brach. Eif. 8. 173. T. 24. F. 1.
Rhynchonella triloba Davids., Mon. Br. dev. Br. 8. 64. T. 12. F. 1—7.
 — — Kayser, Brach. Eif. 8. 527.

Das Gehäuse hat gerundet dreiseitigen oder fünfseitigen Umriss, je nachdem die Stirn schmaler oder breiter ist. Die Länge und Breite ist an den drei Exemplaren, welche der Beschreibung zu Grunde liegen, sehr schwankend. Das eine Exemplar ist breiter wie lang, der Sinus bildet an der Stirn einen breiten flachen Bogen, an einem zweiten Exemplar endet der Sinus in einer langgestreckten spitzbogigen Zunge. Ueber die Höhe lassen sich keine bestimmten Angaben machen, weil unsere Exemplare alle mehr oder weniger gedrückt sind, anscheinend ist jedoch in denselben eine flache und eine mässig gewölbte Abänderung vertreten.

An allen Exemplaren ist die Ventralschale wenig gewölbt, mit breitem flachem Sinus und angeschweiften Seiten, Dorsalschale anscheinend gleich am Buckel stark gewölbt und dann bis zur Stirn mehr oder weniger steil anlaufend, mit einem nur wenig vortretenden flachgerundeten Sattel. Die Kanten sind scharf. Die Oberfläche ist mit zahlreichen flachen Falten bedeckt, welche schon am Buckel beginnen und nur wenig dichotomiren.

Massverhältnisse:

Länge	40,	Breite	36,	Höhe	? mm
"	34,	"	36,	"	15 "
"	27,	"	32,	"	19 "

Bemerk. Die sämtlich auf der Grube Hainau gefundenen Exemplare erreichen eine bedeutende Grösse, mehr wie die doppelte Grösse der Eifeler Vorkommen, und stimmen darin mit den englischen Formen des Mitteldevon überein, von welchen Davidson eine grössere Zahl abbildet, und mit welchen, soweit der gedrückte Zustand unserer Exemplare einen Vergleich ermöglicht, überhaupt kein Unterschied zu bestehen scheint.

Subgenus *Camarophoria* King.*Camarophoria rhomboidea* Phill.

Taf. VIII. Fig. 42—44.

Terebratula rhomboidea Phill., Pal. foss. S. 88. T. 35. F. 158.*Terebratula bijugata**Terebratula brachyptycta* } Schnur, Brach. Eif. S. 178. T. 33. F. 6, 7.*Camarophoria rhomboidea* Davids., Mon. Brach. dev. Br. S. 70. T. 14. F. 19—22.*Rhynchonella? Lummatoniensis* Davids., l. c. F. 14—18.

Der Umriss des Gehäuses schwankt zwischen gerundet fünfseitiger und schmal herzförmiger Ausbildung. Breitere Formen häufiger wie längere. Gehäuse flach, ziemlich dick bis aufgebläht. Die Dorsalschale gewöhnlich die gewölbtere. Der Sinus der Ventralschale immer entwickelter wie der Sattel der Dorsalschale, welcher oft erst nahe am Rand durch die hervortretenden Falten bemerkbar wird. Schnabel spitz und stark gekrümmt. Der vordere Theil der Schalen glatt, die Faltenbildung beginnt in der Mitte oder im letzten Drittel. Zahl und Stärke der Falten veränderlich, man zählt in der Regel 2 im Sinus und 3 auf dem Sattel, welche flach zickzackförmig ineinander greifen. Auf den Seiten liegt selten mehr wie eine Rippe, eine zweite ist manchmal schwach angedeutet. Die Oberfläche ist in der Regel vollständig glatt, mitunter treten mehrere Anwachsstreifen am Rand auf, welche dessen Zickzackform folgen. Die für die Gattung charakteristische innere Structur, ein kräftiges Medialseptum der Ventralschale, konnte durch Anschliff nicht constatirt werden.

Dimensionen:	Länge	8,	Breite	7,	Höhe	5 mm
	"	10,	"	9,	"	7 "
	"	10,	"	12,	"	6 "
	"	11,	"	13,	"	9 "

Bemerk. Diese kleine Muschel findet sich in den Kalken der Gruben Hainau und Rothe Erde sehr häufig und zwar in derselben ungleichmässigen Ausbildung wie in der Eifel. Die Beschreibung Kayser's der Eifeler Vorkommen passt genau auch für hier, mit dem einen Unterschied, dass unsere Exemplare etwas kleiner bleiben.

Davidson unterscheidet aus dem englischen Mitteldevon drei Arten, mit welchen unsere Formen verglichen werden können: die *Camarophoria rhomboidea*, die *Rhynchonella? Lummatoniensis* und *Rhynchonella Ogwelliensis*. Wenn man davon absieht, dass der genannte Forscher an den beiden letzteren

Formen die charakteristische innere Structur der *Camarophoria* nicht ermitteln konnte, desshalb eine Trennung dieser Formen vornahm und sie als fraglich zu *Rhynchonella* gehörig bezeichnete, sind auch letztere, von denen die *Lumatoniensis* sich durch Kleinheit der Form und stärkere Faltung, die *Ogwelliensis* durch wenige schwache Falten unterscheidet, in unserm Kalk vertreten.

Ogleich es mir nicht gelungen ist, durch Ausschiffe an einem unserer Exemplare ein Medianseptum zu constatiren, ebensowenig *Rhynchonellenbau*, zweifle ich doch nicht, dass die in unserem Kalk zahlreich sich findenden Formen mit der *Camarophoria rhomboidea* identisch sind und möchte eine Theilung derselben je nach der stärkeren oder schwächeren Ausbildung der Falten nicht vornehmen, zumal Kayser zweifelt, ob die Verschiedenheit des inneren Baues Veranlassung gebe, weder verschiedene Bezeichnungen noch verschiedene Gattungen anzunehmen.

Camarophoria? protracta Sow.

Taf. VIII. Fig. 41.

Terebr. subtetragona Schnur, Brach. Eif. 8. 177.

Rhynchonella? protracta Davids., Mon. Br. dev. Brach. 8. 69. T. 14. F. 27.

Camarophoria? protracta Sow., Kayser, Brach. Eif. 8. 535.

Gehäuse klein, von gerundet fünfseitigem Umriss, länger wie breit und mässig gewölbt. Die Schlosskanten stossen in einem Winkel von 100° zusammen. Ventralschale mässig stark gewölbt mit einem in der zweiten Hälfte der Schale beginnenden breiten Sinus, welcher an der Stirn mit fast senkrechter Zunge endet. Dorsalschale etwas stärker gewölbt, mit wenig vortretendem Sattel. Schalenrand scharf. Die erste Hälfte der Schalen glatt, die zweite hat flache, breite Rippen, von denen 4 auf den Sinus und 5–6 noch schwächere auf jede Seite kommen.

Dimensionen: Länge 9, Breite 8, Höhe 5 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Art wurde nur in einem einzigen Exemplar von mässiger Grösse gefunden, dessen länglich ovaler Umriss besser mit den Vorkommen in England, wie mit denen der Eifel übereinstimmen. Die mehr in die Breite gehenden Formen der Eifel (*Ter. subtetragona* Schnur) wurden von Kayser mit der englischen Art vereint. Ueber die inneren Charaktere unseres Exemplares lässt sich nichts angeben.

Genus *Pentamerus* Sowerby.

In unserem Gebiet sind Versteinerungen aus der Gattung *Pentamerus* gerade nicht selten, aber die Formen sind grösstentheils nicht vollständig erhalten, ihr Aussehen mannichfaltig, und bei ihrer Untersuchung und Bestimmung waren nicht nur die bekannten mitteldevonischen Arten zu beachten, sondern auch die Formen des böhmischen Becken. Wie schwierig aber gewisse devonische und silurische Formen zu unterscheiden sind, geht schon aus den zahlreichen vergleichenden Untersuchungen von F. Römer, Barrande, Kayser u. A. hervor, Untersuchungen, welche bis jetzt noch zu keinem vollständig übereinstimmenden Resultat geführt haben. Kayser bringt die verschiedenen Formen der Eifel bei zwei Arten unter, dem *Pentamerus galeatus* Dalm. und dem *Pentamerus globus* Bronn., selbst letzteren möchte er lieber nur als Varietät angesehen haben, thut es aber nicht, weil Mittelformen fehlen sollen. Selbstverständlich war er bei seiner Eintheilung genöthigt, eine grössere Zahl von Arten anderer Forscher als Synonyme zu bezeichnen. Diese Eintheilung für die Formen unseres Kalkes anzunehmen konnte ich mich nicht entschliessen. So wenig ich mich überzeugen konnte, dass zwischen den Formen des *galeatus* und *globus* Artenunterschiede bestehen, ebenso zweifellos ist mir, dass gewisse Formen, unseres Kalkes nicht nur sondern auch der Eifel, nicht als Synonyme des *galeatus*, sondern als selbstständige Arten angesehen werden müssen. Uebrigens muss ausdrücklich erwähnt werden, dass die Bestimmung der Formen unseres Gebietes nicht auf Verschiedenheiten des inneren Baues beruhen, der letztere vielmehr unberücksichtigt geblieben ist. Der Hauptgrund war die grosse Schwierigkeit der Untersuchung, weil Präparate aus unserem Kalk sich nur in seltenen Fällen herstellen lassen. Eine weitere allgemeine Erwägung war die, dass bei den Brachiopoden innerhalb der Art so grosse Schwankungen im inneren Bau der Muschel vorkommen, dass eine unendliche Zahl von Präparaten nothwendig wird, um constante Artenunterschiede damit feststellen zu können. In dieser Beziehung kann ich keine bessere Autorität als Kayser selbst anführen, welcher (l. c. S. 540) den Beweis zu führen sucht, dass der innere Bau von *galeatus*, *brevirostris* und *globus* ein sehr wechselnder und in einander übergehender sei. Dazu kommt noch, dass in gar vielen Fällen der Versteinerungsprocess die innere Untersuchung eines Fossils geradezu zur Unmöglichkeit macht; wenn daher ein Versuch, ohne diese Untersuchungen zum Ziel zu gelangen, gelingen sollte, so hat ein solcher Versuch einen für den Paläontologen ausserordentlich hoch zu schätzenden Werth.

Pentamerus galeatus Dalm.

Taf. IX. Fig. 1—3.

Atrypa galeata Dalm., Vetens. Acad. Handl. 8. 130. T. 5. F. 4. 1827.

Pentamerus galeatus Schnur, Brach. Eif. 8. 196. T. 29. F. 2.

— *galeatus* Kayser, Brach. Eif. 8. 537.

— *brevirostris* Davids., Mon. Br. dev. Brach. T. 15. F. 7—12.

— *brevirostris* Sandh., Rhein. Sch. Nass. 8. 344. T. 31. F. 6.

— *globus* Bronn., in collect.

— *globus* Kayser, Brach. Eif. 8. 541.

Der Umriss ist fast kreisförmig, queroval oder langoval. Das Gehäuse ist stark gewölbt, bauchig, wenn die Wölbung beider Schalen gleich stark ist, häufiger ist die Dorsalschale weniger gewölbt. Der immer starke Schnabel ist entweder aufgebläht und auf dem Buckel der Dorsalschale aufliegend, oder weniger gekrümmt und vorstehend, so dass eine dreieckige Stielöffnung sichtbar ist. Ein deutlicher Sattel nur an wenigen Exemplaren vorhanden. Der Stirnrand ist gerade oder hat in Folge einer zungenförmigen Verlängerung der Dorsalschale eine quadratische Form. Der Schlossrand ist bei den langovalen Formen mehr gebogen, bei den breiteren Formen fast gerade mit ungebogenen Ecken. Die Seitenränder sind scharf. Oberfläche glatt, mit schwachen concentrischen Anwachsstreifen, welche jedoch erst auf der zweiten Hälfte der Schale vereinzelt und in der Nähe des Randes zahlreicher auftreten. Die Länge der Zahnplatten wie des Medianseptum der Dorsalschale ist sehr verschieden, je stärker die Schale, desto länger die Zahnplatten und höher das Septum.

Dimensionen:

Länge 25, Breite 27, Höhe 20 mm

" 26, " 22, " 14 "

" 30, " 26, " 19 "

Vorkommen: Grube Hainau, Grube Rothe Erde, Kalk bei Edingen.

Bemerk. Unsere Exemplare erreichen mittlere Grösse und sind mit den glatten Formen des Eifeler Kalkes, welche von Kayser, je nachdem ein Sinus vorhanden ist oder nicht, mit *galeatus* oder *globus* bezeichnet werden, vollständig übereinstimmend, während die gerippten Formen unserm Kalk fehlen. Die im Wiesbadener Museum zahlreich vorhandenen, mit *Pent. brevis* Phill. bezeichneten Formen von Villmar, welche sämtlich eine mehr ovale Ausbildung haben, zeigen eine vollständige Uebereinstimmung mit zahlreichen Exemplaren unseres Kalkes.

Die Formen des englischen Mitteldevon werden von Davidson unter der Bezeichnung *Pent. brevisrostris* Phill. beschrieben, der *Pent. globus* Broun. wird als eine Varietät desselben betrachtet. Die angebliche Verschiedenheit von dem *galeatus* in der Ausbildung des Medianseptum der Dorsalschale widerlegt Kayser mit dem Hinweis, dass auch an Eifeler Formen die Dorsalsepten manchmal zu einem Medianseptum fast zusammenfallen. Jedenfalls sind die als var. *globus* (l. c. P. XV. F. 7 u. 8) bezeichneten Formen mit langem Schnabel und unbedeutender Ablenkung des Stirnrandes mit unseren Exemplaren vollständig übereinstimmend.

Der böhmische *P. galeatus* aus dem Band f² ist gerippt, während unserm Kalk gerippte Formen fehlen. Dagegen finde ich keine bemerkenswerthen Unterschiede zwischen dem *P. globulosus* Barr. aus dem Band e¹ (Barr. l. c. P. 24, IV), es sei denn, dass man besonderen Werth auf die etwas starke Wölbung der Dorsalschale legen wolle.

Pentamerus buplicatus Schnur.

Taf. XI. Fig. 4.

Pentamerus buplicatus Schnur, Brach. Eif. 8. 196. T. 31. F. 3, 3.

— — — — — Davidson, Mon. Br. dev. Brach. 8. 73. T. 14. F. 31, 32.

Das Gehäuse ist mässig gross, von fast gleicher Länge wie Breite und stark gewölbt, besonders die Ventralschale. Der Buckel ist aufgebläht, der Schnabel umgebogen und auf der Dorsalschale aufliegend. In der Nähe des Buckels entwickelt sich ein breiter, flacher Wulst, mit einer schwachen sinusartigen Einsenkung in der Mitte. Auf beiden Seiten des Wulstes liegt eine flache Furche, welche eine faltige Biegung des Seitenrandes veranlasst. Die Dorsalschale ist weniger stark gewölbt, am Buckel am meisten, nach den Seiten sich verflachend und an der Stirn mit einem flachen Sinus zungenförmig in die andere Schale eingreifend. Im Sinus liegt eine schwache, erst in der Nähe der Stirn auftretende Falte. Die Oberfläche ist glatt, mit einigen wenigen am Rand auftretenden Anwachsstreifen.

Dimensionen: Länge 12, Breite 12, Höhe 8 mm

„ 15, „ 16, „ 12 „

„ 19, „ 16, „ 13 „

Vorkommen: Grube Rothe Erde.

Bemerk. Unsere Exemplare sind mit denen der Eifel vollständig übereinstimmend und wäre etwa nur zu erwähnen, dass an letzteren die Seiten

falten ein wenig deutlicher hervortreten. Schnur's Abbildung ist verzeichnet, wenn beide Gehäuse einem Indiduum angehören, was man doch annehmen muss. Bei Fig. 3a ist die Rückenschale am Stirnrand flach gezeichnet, während bei F. 3b ein mässig breiter Sinus zungenförmig in die Ventralschale eingreift. Letztere Zeichnung stimmt mit dem Text überein und muss deshalb als die richtige Wiedergabe angesehen werden. Im englischen Mitteldevon findet sich die beschriebene Form genau in derselben Ausbildung wie in unserm Kalk. Auch dort kommen Exemplare vor, an welchen die Zickzackform der Seitenränder weniger scharf hervortritt. In der Grösse scheint kein Unterschied zu bestehen.

Unter den böhmischen Formen hat der *Pentamerus incipiens* Barr. aus dem Rand e^a (vergl. Barr. Syst. sil. Brach. T. 119, IV) eine auffallende Ähnlichkeit mit dem *biplicatus*. Auch dort liegt der Wulst der Ventralschale in einer schwachen Einsenkung und im Sinus der Dorsalschale eine Falte. Die Seitenränder sind nach der Abbildung vielleicht etwas tiefer ausgezackt, und die Falte des Dorsalsinus nicht so stark entwickelt, der Sinus selbst etwas tiefer. Im Ganzen würden sich die Formen, welche auch in der Grösse vollständig übereinstimmen, sehr gut zu einer Art vereinigen lassen.

Pentamerus acutolobatus Sandb.

Taf. IX. Fig. 5, 6.

Pentamerus acutolobatus Sandb., Rhein. Sch. Nass. 8. 345. T. 32. F. 15.

— *procerulus* Barr., var. de *acutolobatus* Sandb., Barr., Syst. sil. V. Brach. T. 21. F. 14—18.

Zur Beschreibung dienen zwei Funde, von denen der eine nur aus einer unvollständigen Ventralschale besteht, der andere einem zwar vollständig erhaltenen, aber etwas gedrückten Individuum angehört. Uebrigens reichen die beiden Funde doch aus, um nachfolgende Beschreibung geben zu können.

Die Ventralschale ist sehr stark gewölbt, der Buckel gekrümmt. Eine schmale aber tiefe, in der Nähe des Buckels beginnende Furche liegt zwischen zwei sich wulstförmig erhebenden Falten, auf jeder Seite liegen zwei schwächere Falten, von denen die äussere nur leicht angedeutet ist. Die Dorsalschale ist viel weniger gewölbt, am Buckel etwas angeschwollen, mit einem an der Stirn breit endigenden Sinus, in dessen Mitte eine Falte liegt. Sinus und Falte entwickeln sich erst auf der zweiten Hälfte der Schale. Die Ränder des Sinus werden von zwei schmäleren aber vorstehenden Falten gebildet,

neben diesen liegt auf jeder Seite eine zweite, nur leicht angedeutete Falte, welche eigentlich nur an der Zickzackform des Seitenrandes zu erkennen ist. Der Stirnrand beschreibt die bekannten scharfen Zickzacklinien, indem die mittlere Furche der Ventralschale weit in die Falte der Dorsalschale eingreift, und umgekehrt der Sinus der letzteren zwei spitze Winkel in den Rückenfallen der Ventralschale bildet. Die Schlosslinie ist gerade mit gerundeten Ecken. Die Oberfläche hat äusserst feine fadenförmige concentrische Streifen, welche auf den Kanten einen nach vorne und in den Furchen einen nach hinten gerichteten spitzen Winkel bilden.

Bemerk. Vorstehende Beschreibung passt zwar nicht vollständig, weder auf den *acutolobatus* Sandbergers von Villmar, noch auf die var. *procerulus* Barrande aus dem Band f', in den nachfolgenden Erläuterungen soll jedoch der Nachweis geliefert werden, dass diese beiden Arten mit unsern Formen von Hainau zu einer Art gehörend betrachtet werden müssen.

Die Exemplare von Hainau unterscheiden sich von der Villmarer Form durch die wulstförmige Erhebung der beiden mittleren Falten der Ventralschale und die feine lineare Streifung der Oberfläche, während an den Villmarer Vorkommen die mittleren Falten weniger vortreten, die Anwachsstreifen weiter auseinander liegen und kräftiger sind. Die erwähnten Unterschiede bringen unsere Art in nähere Beziehung zu der böhmischen Form, welche auch durch zwei kräftige mittlere Falten ausgezeichnet ist, allein auch dieser gegenüber lassen sich kleine Differenzen wahrnehmen, insbesondere darin, dass an der letzteren die Falten und Furchen schon an den Buckeln beginnen, während an unserer Form die Buckel vollständig glatt sind, und erst in einiger Entfernung davon Falten und Furchen deutlich werden. Dieselbe Erscheinung zeigt sich aber an der Villmarer Art, so dass unsere Exemplare wohl mit Recht als Mittelformen zu betrachten sind in der Weise, dass die erwähnten Verschiedenheiten nur als locale Abänderungen einer Art aufgefasst werden können, Abänderungen, welche denen anderer Arten gegenüber unbedeutend sind.

Die Verwandtschaftsfrage des Villmarer und böhmischen *acutolobatus* ist ja nicht neu und von Sandberger, Fr. Römer, Kayser und Barrande in verschiedenem Sinn beantwortet worden. Ich verweise auf die Zusammenstellung der bezüglichen Arbeiten bei Barrande, in seinen *Etudes locales* zu den Brachiopoden Seite 97, und erlaube mir nur kurz zu recapituliren, dass der letztere Forscher mehrere sich sehr nahe stehende Formen des böhmischen Beckens, darunter den früheren *acutolobatus* v. *Konieprus* unter dem Gesamt-



typus procerulus vereinigt, und die mitteldevonischen *Pent. acutolobatus* Sandb. und *Pent. formosus* Schnur zu demselben Typus gehörig betrachtet. Nachdem in der Form von Hainau ein Mittelglied zwischen dem böhmischen und mitteldevonischen *acutolobatus* gefunden worden ist, möchte es unthunlich sein, diese beiden Formen länger getrennt zu halten. Sie sind mit der Form von Hainau als locale Abänderungen einer Art zu betrachten, um welche sich sowohl in Böhmen wie im rheinischen Mitteldevon eine Anzahl analoger Formen gruppieren, welchen als gemeinschaftliche Merkmale zukommen:

- 1) ein breiter Sinus der Dorsalschale, mit schnalen Wulst in seiner Mitte;
- 2) eine mittlere, durch eine Furche getheilte Falte der Ventralschale;
- 3) ein mehr oder weniger zickzackförmiges Ineinandergreifen der Furchen und Falten an den Rändern.

Zu diesem Typus gehört in Böhmen *Pentamerus incipiens* und *P. procerulus* mit einer grösseren Zahl von Varietäten, im rheinischen Devon *P. acutolobatus* Sandb., *P. formosus* Schnur, welchen bereits Barrande zugezogen hat, und *P. biplicatus* Schnur, dessen nahe Beziehungen zu *P. incipiens* bereits oben eingehend erörtert worden sind. Da der *Pentamerus acutolobatus* von mehreren Forschern als eine Varietät des *Pent. galeatus* betrachtet wird, mögen hier noch die Verschiedenheiten der beiden Formen besonders hervorgehoben werden. Zum Vergleich kann nur die Varietät *multiplicatus* herangezogen werden, eine Form, welche durch zahlreiche Rippenbildung ausgezeichnet ist. Nun, der grosse Unterschied liegt schon darin, dass hier Rippenbildung vorhanden ist, dort Faltenbildung. Die Falten des Typus *procerulus* steigern sich zwar im *acutolobatus* zu einer grösseren Zahl, zu eigentlichen Rippen werden sie nicht. Der *multiplicatus* hat gleichmässig über die ganze Schale vertheilte Rippen, einen an der Stirn gerade abgeschnittenen Wulst der Ventralschale, einen flachen Sinus der Dorsalschale, der *acutolobatus* eine Furche im Wulst der Ventralschale und einen in dem Dorsalsinus gelegenen Wulst.

Pentamerus sublinguifer n. s.

Taf. IX. Fig. 9, 10.

Die Form des Gehäuses ist sehr veränderlich, von abgerundet vierseitigem bis länglich ovalem Umriss oder mehr in die Quere gezogen, mit zungenförmiger Verlängerung oder kugelig bis vollständig flach. Die Ventralschale ist immer gewölbt wie die Dorsalschale, sie bläht sich öfter bis



zur Halbkugelform auf, dann ist die zungenförmige Verlängerung der Schale an der Stirn besonders stark entwickelt, oder sie bleibt flacher mit geringer Verlängerung am Stirnrand. Ein Sinus entweder gar nicht vorhanden oder schwach ausgebildet und mit einem mehr oder weniger breiten mittleren Kiel versehen. Der Buckel ist immer angeschwollen, der Schnabel vorstehend und frei, unter der Schnabelspitze ist eine dreieckige Stielöffnung deutlich sichtbar. Die Dorsalschale ist am Buckel stark aufgebläht, mit über das Schlossfeld hervorragendem spitzen Schnabel; sie steigt bis zur Stirn nur wenig an, auf ihrer Mitte einen Wulst bildend, welcher erst auf der zweiten Hälfte der Schale sich zeigt und um so mehr hervortritt, je grösser die zungenförmige Verlängerung der Ventralschale. Die Stirnkante ist übereinstimmend mit dem *P. linguifer*, immer nach oben abgelenkt, und zwar finden sich schmalzungenförmige bis flachbogige Ablenkungen. Die Schlosslinie verläuft in einem flachen Bogen. Die Kanten sind scharf. Die Oberfläche ist glatt, mit schwachen, in der Nähe des Randes stärker und zahlreicher werdenden Anwachsstreifen. Das Ventralseptum ist mässig lang, die Dorsalsepta divergieren nur wenig. Ueber das Verhalten des inneren Baues unserer Art zum typischen *linguifer* konnte nichts ermittelt werden. Mit Rücksicht auf die vielen Schwankungen, welchen die Form dieser Art unterliegt, ist es zweckmässig, wenigstens zwei Hauptabänderungen zu unterscheiden.

1) Die Hauptform. Gehäuse hat länglich ovalen bis querovalen, oder gerundet vierseitigen Umriss und ist ziemlich dick bis aufgebläht. Die Ventralschale ist sehr stark gewölbt, sie beschreibt im Längsprofil einen Halbkreis und fällt auch auf den Seiten in starker Wölbung oder steil ab. Der stark gekrümmte Buckel hat einen vorstehenden Schnabel, unter der Schnabelspitze immer ein dreieckiges Deltidium sichtbar. Auf der Mitte der Schale beginnt eine sinusartige Einsenkung, in deren Mitte sich ein schwacher Wulst erhebt. Dieser Wulst erreicht oft eine Breite, dass auf beiden Seiten nur zwei schwache Furchen übrig bleiben. Die Schale greift mit zungenförmiger Verlängerung in die Dorsalschale ein, die Zunge endet bald spitz bald breit, die Seiten stehen flügelartig ab. Die Dorsalschale ist weniger gewölbt, sie ist am Buckel stark angeschwollen mit über das Schlossfeld hervorragendem Schnabel, sie steigt zur Stirn mässig an und fällt in der zweiten Hälfte der Schale nach den Seiten steil ab, infolge dessen ein mässig breiter Wulst entsteht, dessen Höhe von der mehr oder weniger zungenförmigen Verlängerung der Ventralschale abhängig ist. Die Oberfläche ist glatt, mit in der Nähe des Randes häufiger werdenden Anwachsstreifen.

Massverhältnisse:

Länge	10,	Breite	15,	Höhe	8 mm
"	15,	"	18,	"	11 "
"	16,	"	12,	"	9 "

2) Var. *glabra*. Das Gehäuse hat fast kreisrunden Umriss, immer breiter wie lang, während die Höhe eine ausserordentlich schwankende ist. Es gibt stark aufgeblähte, fast kugelige Formen, mässig gewölbte, bis ganz flache, fast scheibenförmige Ausbildungen. Der Sinus der Ventralschale fehlt ganz oder ist nur schwach entwickelt, der Stirnrand nur wenig abgelenkt, auch die Dorsalschale ist ohne eigentlichen Wulst, und wird nur durch schwache Depressionen auf den Seiten eine wulstige Erhebung an der Stirn veranlasst.

Massverhältnisse:

Länge	9,	Breite	10,	Höhe	8 mm (kugelige Form)
"	11,	"	14,	"	10 "
"	14,	"	14,	"	8 " (flache Form)
"	16,	"	16,	"	7 "
"	14,	"	20,	"	6 "

Vorkommen: Grube Hainau.

Bemerk. Aus vorstehender Diagnose ergibt sich, dass unter *P. sublinguifer* eine Art zu verstehen ist, welche den extremsten Schwankungen in Bezug auf Höhe und Breite, sowie Ausbildung des Sinus und Wulstes unterliegt. Allein alle diese Schwankungen sind durch Uebergänge verbunden und gruppieren sich um eine Mittelform, deren Aehnlichkeit mit dem silurischen, oder richtiger böhmischen *linguifer* so gross ist, dass die Vorkommen von Hainau offenbar in sehr naher Beziehung zu der böhmischen Art stehen. Allein die vielen Schwankungen geben unserer Art ein ganz bestimmtes Gepräge, welches dem typischen *linguifer* nicht zukommt, und so möchte die Unterscheidung derselben durch die Bezeichnung *sublinguifer* wohl gerechtfertigt sein.

Ein specieller Vergleich der rheinischen Formen mit denen des böhmischen Becken zeigt, dass letzteres mehrere, gewissen rheinischen Abänderungen ganz analoge Formen besitzt. Die Varietät *erecta* ist vertreten durch die Abbildungen bei Barrande auf T. 22, F. 2 (*e*²) und T. 24, III. F. 8 (*f*²), die Varietät *glabra* durch T. 24, III. F. 4 (*e*¹) und T. 119, I. F. 10 (*g*¹). Allein es bestehen doch wieder Unterschiede genug, in welchen mehr wie locale Abänderungen erkannt werden müssen. An allen böhmischen Formen ist näm-

lich der Schnabel so stark gekrümmt, dass die Spitze auf dem Schlossfeld aufliegt, an der rheinischen Form ist er weniger gekrümmt und die grosse dreieckige Stielöffnung bleibt immer sichtbar. Die Formen aus e¹ und f² haben einen deutlichen flachen Sinus der Ventralschale ohne eine Spur von Kiel oder Wulst in der Mitte, während an der rheinischen Form ein eigentlicher Sinus überhaupt nicht vorhanden ist, sondern durch den in ihm liegenden Kiel fast vollständig verdrängt wird. Nur zwei Formen aus g¹ (vergl. T. 24, III. F. 3^a und T. 119. I. F. 10) machen eine Ausnahme. An diesen ist der Sinus, ähnlich wie an den rheinischen Formen, durch einen breiten flachen Wulst ersetzt und nur noch an zwei kleinen, auf beiden Seiten des Wulstes liegenden Furchen zu erkennen. Die flache Ausbildung der Varietät *glabra* fehlt in Böhmen. Der Gothländer *linguifer* bei Quenstedt¹⁾ ist kugelförmig, ohne deutlichen Sinus und Wulst, mit starker Zunge versehen, der Schnabel aufliegend, er lässt sich mit der kugeligen Abänderung der var. *glabra* vergleichen. Die Vorkommen des englischen Silur haben zwar, übereinstimmend mit der rheinischen Art, einen freistehenden Schnabel und deutlich sichtbares Deltidium, allein die Ventralschale hat einen breiten flachen Sinus ohne zwischenliegenden Wulst.

Genus *Stringocephalus* Defrance.

Stringocephalus Burtini DeFr.

Taf. IX. Fig. 13, 14.

Stringocephalus Burtini Schnur, Brach. Eif. 8. 195. T. 28. F. 5.

— *hians* Sandberger, Rhein. Sch. Nass. 8. 309. T. 31. F. 4.

Das Gehäuse dieser Art findet sich in verschiedenen Grössen, flach oder bauchig, selten vollständig symmetrisch entwickelt, sondern entweder nach rechts oder nach links gebogen. Schnabel lang mit gekrümmter Spitze, darunter ein hohes Schlossfeld. An einem Exemplar mittlerer Grösse ist auf einem schmalen Deltidium eine grosse runde Stielöffnung sichtbar. Die Schalenoberfläche hat zahlreiche Anwachsstreifen, welche bei gut erhaltenen Exemplaren von feinen Längsstreifen gekreuzt werden. Das Schlossfeld zeigt mitunter feine Querstreifung.

¹⁾ Vergl. b. Quenstedt, Taf. 43. F. 44, 45.

Bemerk. Die hier gefundenen Exemplare dieser Art stimmen mit denen aus dem oberen Mitteldevon der Eifel und von Villmar vollständig überein. Neben kleineren Ausbildungen kommen auch grössere vor, das grösste, nicht vollständig erhaltene Exemplar mit einer Breite von 80 mm, einer Höhe von 55 mm, während man die Länge über 100 mm schätzen kann, gehört schon zu den grösseren Ausbildungen, welche überhaupt vorkommen. Auch ist die Art in unserm Kalk überall verbreitet, sie findet sich auf den Gruben Hainau und Rothe Erde und in dem Kalk bei Kloster Altenberg.

Das in dem böhmischen Becken bei Konieprus (†) gefundene einzige Exemplar dieser Gattung unterscheidet sich durch das sehr niedrige Schlossfeld, welches gerade nur Raum für die Stielöffnung lässt.

Genus *Waldheimia* Davidson.

Waldheimia *Whidbornei* Dav.

Taf. IX. Fig. 15, 16.

Terebratula elongata Steininger, Geog. Besch. Eif. 1853. S. 65. T. V. Fig. 7.

— — Sandb., Rh. Sch. Nass. S. 306. T. XXXIII. F. 3.

— *sacculus* Mart. Kayser, Br. Eif. S. 498. T. IX. F. 1.

Waldheimia Whidbornei Davida., Mon. Br. dev. Brach. Suppl. S. 12. T. 1. F. 3, 4.

Das Gehäuse hat einen langovalen bis kreisförmigen Umriss, einen geraden oder schwach nach oben abgeleukten Stirnrand und scharfe Kanten. Beide Schalen gleich und mässig stark gewölbt. Der wenig vortretende Schnabel hat in seiner Spitze eine runde Stielöffnung, darunter bemerkt man an gut erhaltenen Exemplaren ein breit dreieckiges Deltidium. Oberfläche glatt, einzelne Exemplare haben einige Anwachsstreifen.

Dimensionen:

Länge 16, Breite 13, Höhe 7 mm

„ 12, „ 9, „ 5 „

„ 10, „ 10, „ 5 „

Vorkommen: Grube Hainau, sehr zahlreich.

Bemerk. Durch die Untersuchungen von Davidson ist bekanntlich festgestellt worden, dass die früher mit ? *Terebratula sacculus* Mart. var. bezeichneten Formen des englischen Mitteldevon der Gattung *Waldheimia* angehören; der bisherige Name ist durch *Waldheimia Whidbornei* ersetzt worden. Dass diesen Untersuchungen zufolge auch die Formen des deutschen Mittel-

devon ihren Namen ändern müssen, scheint mir zweifellos, nachdem von Davidson¹⁾ selbst für die Vorkommen der Eifel die *Terebratula saccus* durch *Waldheimia Whidbornei* ersetzt worden ist. Wenn auch an den Exemplaren unseres Kalkes eine Präparation der Schleiße nicht auszuführen war, glaube ich doch auch unsere Formen auf die erwähnte Art unsomehr beziehen zu können, weil in unserem Kalk sich auch eine andere *Waldheimia* des englischen Mitteldevon, die *Waldh. juvenis* gefunden hat.

Waldheimia juvenis Sow.

Taf. IX. Fig. 11, 12.

Terebratula juvenis Davids., Mon. Br. dev. Brach. 8. 8. T. 1. F. 10—15.

Waldheimia juvenis Davids., Mon. Br. dev. Br. Suppl. 8. 12. T. 1. F. 1, 2.

Der Umriss des Gehäuses ist länglich rund oder fast kreisrund, mit grösster Breite oberhalb der Mitte oder in der Mitte. Der Stirnrand gerade und ziemlich scharf. Die Schlosskanten bilden eine wenig gebogene Linie. Die Ventralschale ist mässig stark gewölbt, mit grösster Höhe in der Nähe des Buckels, von da fällt sie nach der Stirn und den Seiten gleichmässig ab; der Buckel ist stark gekrümmt, der Schnabel kurz und aufliegend, ein *Deltidium* nicht sichtbar.

Die Rückenschale ist sehr flach, sie zeigt am Buckel eine sehr unbedeutende Anschwellung, während sie in der Mitte ein wenig eingedrückt ist. Die Oberfläche ist glatt, nur die Rückenschale hat wenige schwache concentrische Anwachsstreifen.

Massverhältnisse:

Länge 14, Breite 12, Höhe 7 mm.

„ 12, „ 9, „ 5 „

„ 7, „ 7, „ 3 „

Vorkommen: Grube Hainau, in mehreren Exemplaren.

Bemerk. Diese durch die ausserordentliche Flachheit ihrer Rückenschale ausgezeichnete Form des englischen Mitteldevon ist aus der Eifel nicht bekannt. Unsere Exemplare sind mit den englischen vollständig übereinstimmend, soweit die äussere Form in Betracht kommt, die inneren Charaktere konnten nicht ermittelt werden.

¹⁾ Davids. Brach. Suppl. S. 10.

Classe Lamellibranchiata.

Genus *Avicula* Klein.

Avicula Wurmii A. Röm.

Taf. IX. Fig. 17.

Avicula Wurmii A. Römer, Verst. Harz 1843. S. 21. T. 6. F. 7.
— *clathrata* Sandb., Rh. Sch. Nass. 1856. S. 286. T. 29. F. 18.

Es ist zwar eine grössere Zahl von Schalen dieser Art gefunden worden, aber immer nur die rechte Schale. Auch der Umriss ist nicht vollständig erhalten, doch kann die Zugehörigkeit der vorliegenden Stücke zu genannter Art keinem Zweifel unterliegen. Ueber den geraden Schlossrand erhebt sich der spitze Buckel, von welchem aus eine starke Wölbung, fortwährend an Breite zunehmend und an Höhe abnehmend, sich bis zum unteren Rand erstreckt. An der vorderen Seite dieses gewölbten Theiles der Schale liegt ein anscheinend sehr kleiner Flügel, an die hintere Seite schliesst sich ein grösserer Flügel an, dessen Hinterrand eingebuchtet ist.

Die Oberfläche ist mit zahlreichen, abwechselnd stärkeren und schwächeren Längsrippen bedeckt, welche abgerundete Kanten haben. Die Zwischenräume, in welchen die schwächeren Längsrippen liegen, sind ein wenig breiter wie die stärkeren Rippen. Dichtstehende feine, aber scharfe Anwachsstreifen kreuzen die Längsrippen und bilden mit letzteren ein Gitterwerk. Besonders scharf treten die Anwachsstreifen auf dem hinteren Flügel auf, während die Längsrippen einfach werden und mehr zurücktreten.

Vorkommen: Grube Hainau.

Ausserdem im oberen Stringocephalenkalk bei Villmar in Nassau und bei Grund im Harz, ferner im englischen Mitteldevon.

Genus *Conocardium* Bronn.

Unter den Lamellibranchien sind die Conocardien in unserem Kalk am zahlreichsten vertreten. Trotzdem, dass der Untersuchung reichliches Material zu Gebote stand, und vielleicht gerade deshalb, zeigten sich mannigfache Schwierigkeiten, die verschiedenen dieser Gattung angehörnden Formen unseres Gebietes in einzelne Arten zu zerlegen. Es ist mir bei keiner Gattung eine

grössere Mannigfaltigkeit in der Ausbildung der einzelnen Individuen vorgekommen und scheint diese Mannigfaltigkeit nicht auf die Vorkommen unseres Kalkes beschränkt zu sein. Es ist in dieser Beziehung nur auf das bekannte *Con. aliforme* hinzuweisen, unter welcher Art schon untereinander recht abweichende Formen verstanden werden. Man vergleiche beispielsweise die Abbildungen bei Sowerby und Sandberger, und doch finden letztere Forscher mit Recht keine Verschiedenheit der äusseren Charaktere, weil zahlreiche Uebergänge vorhanden sind, welche sich aus den Vorkommen im Kalk der Eifel leicht zusammenstellen lassen. Wenn man demnach der Begrenzung der Arten einen grösseren Spielraum zu gestatten genöthigt ist, so konnten doch nicht alle Formen unseres Kalkes unter einen Hut gebracht werden, und war die Aufstellung neuer Arten nothwendig, deren Charakteristik folgen wird.

In Bezug auf die Bezeichnung der Schalthetheile der *Conocardien* wurde bekanntlich zuerst von Woodward die bisher übliche Methode, den abgestutzten Theil der Schalen als die vordere, den verlängerten Theil als die hintere Schalthälfte anzusehen, verlassen, und dem Gehäuse die entgegengesetzte Stellung gegeben. Dieser Ansicht schliessen sich Halpar¹⁾ und Barrande²⁾ an. Ich sehe davon ab, die vorgebrachten Begründungen dieser Forscher hier zu wiederholen, und wenn der Ansicht letzterer Forscher hier der Vorzug gegeben wird, so geschieht es schon deshalb, weil in unserem Kalk sich eine Art gefunden hat, an welcher der Kiel vom Wirbel nach dem unteren Rand in der Weise quer über die Schale läuft, dass der verlängerte Theil vor dem stumpfen Winkel, der abgestutzte hinter dem spitzen Winkel liegt, welchen die Schlosslinie mit dem Kiel bildet. Da nun bei allen übrigen Gattungen ein vorhandener Kiel immer in der Richtung von vorne nach hinten sich erstreckt, liegt kein Grund vor, bei *Conocardium* eine Ausnahme von der Regel zu machen.

Conocardium aliforme Sow.

Taf. IX. Fig. 18.

Cardium aliforme Sow., Min. Conch. IV. S. 100, T. 552, F. 2.

— — Sandb., Rhein. Sch. Nass. 1856. S. 257. T. 27. F. 6.

Der Umriss des Gehäuses ist schief dreieitig mit abgerundetem unteren Rand. Die grösste Dicke auf dem mittleren Theil der Schale, dessen Wölbung

¹⁾ Zeitsch. d. D. g. G. XXXIV. S. 1.

²⁾ Barrande, *Acéphaléas*, Etud. loc. et. comp. 1851.

nach vorn und hinten ziemlich gleichmässig abfällt, während beide Schalen an der Stirn unter einem spitzen Winkel zusammenstossen. Der vordere Theil der Schalen ist zusammengedrückt und zu einem längeren Flügel ausgedehnt. Der hintere Theil ist abgestutzt und an der Schlosslinie zu einer kurzen Spitze verlängert. Die Wirbel sind klein und nahe aneinanderstossend. Die Oberfläche ist mit schwach convexen Längsrippchen bedeckt, welche auf der Mitte der Schale fast geradlinig oder schwach gebogen nach dem unteren Rand verlaufen. Nach vorne wenden sie sich immer mehr in der Richtung nach dem Schlossrand, ohne mit demselben vollständig parallele Lage zu erreichen, und auf dem hinteren, abgestutzten Theil der Schale bilden sie von der Stirn bis zum Schlossrand immer kleiner und kürzer werdende Bogen. Auch die Breite der Rippen ist eine ungleichmässige. Auf der Grenze zwischen dem mittleren gewölbten Theil der Schale und dem vorderen Flügel liegt eine gewisse Zahl schmaler Rippen, auf dem vorderen Flügel nehmen sie nach der Schlosslinie an Breite zu, auf dem hinteren Theil werden sie zahlreicher und flach. Die Anwachsstreifen sind sehr fein und gleichmässig dicht über die Oberfläche verbreitet. Sie sind selten vollständig erhalten, in der Regel bleibt die Epidermis in dem umhüllenden Gestein zurück.

Die beschriebene, nur in wenigen Exemplaren im Kalk der Grube Hainan gefundene Art findet sich im Mitteldevon überall verbreitet und geht in den Kohlenkalk über.

Conocardium Villmarensis d'Arch et de Vern.

Taf. IX. Fig. 19, 20.

Cardium Villmarensis d'Arch et de Vern., Geol. Transact. S. II. Vol. VI. S. 275. T. 36. F. 9, 10.
— *brevisulatum* Sandb., Rhein. Sch. Nass. 1856. S. 258. T. 27. F. 7.

Der Umriss des Gehäuses ist von dem der vorher beschriebenen Art nur wenig verschieden, er ist schief dreieitig mit abgerundetem unteren Rand. Die grösste Dicke auf der Mitte des mittleren gewölbten Theiles der Schalen, der vordere Flügel zusammengedrückt, der hintere Theil scharf abgestutzt, etwas schärfer wie an aliforme, mit kurzer schnabelförmiger Verlängerung an der Schlosslinie. Die Wirbel sind klein und nahe an einander stossend. Auf dem mittleren Theil der Schalen wechseln convexe Längsrippen mit ebenso breiten flachen Rippen, welche mitunter auf der Mitte ein schmales lineares Kielchen tragen, ab. Zwischen mittlerem und vorderem Theil der Schale werden die Rippen schmaler und dichter, auf dem vorderen Theil

nehmen sie wieder an Breite zu. Auf der hinteren Fläche liegen von der Verlängerung der Schale ausgehende concentrische flache Rippen. Zahlreiche schmale Anwachsstreifen bedecken das ganze Gehäuse.

Die beschriebene Art ist die in unserem Kalk am zahlreichsten vertretene und kommt in verschiedenen Grössen vor, ausserdem findet sie sich sehr selten im Stringocephalenkalk von Villmar.

Massverhältnisse:

Länge	12,	Höhe	8,	Dicke	7 mm
"	10,	"	6,	"	6 "
"	9,	"	5,	"	5 "

Grube Hainau.

Var. *carinata*. Umriss der Hauptform gleich, aber die Schalen mehr zusammengedrückt, entsprechend der flachen Varietät von Villmar bei d'Arch. et de Vern. (l. c. T. 36. F. 10), von dieser verschieden durch einen vom Wirbel schief nach hinten laufenden Kiel. Auch die Verzierung der Schale ist eine abweichende. Auf dem hinteren abgestutzten Theil beginnen nämlich die Rippen erst in einer gewissen Entfernung von dem Kiel, so dass etwa $\frac{1}{3}$ der Schale glatt und nur mit dicht stehenden feinen radialen Linien bedeckt ist.

Die hierher gehörenden Exemplare erreichen nicht die Grösse der Hauptform.

Massverhältnisse:

Länge	8,	Höhe	6,	Dicke	4 mm
"	7,	"	6,	"	3 "
"	6,	"	5,	"	3 "

Grube Hainau.

Conocardium retusum n. s.

Taf. IX. Fig. 22—26.

Der Umriss ist schief dreieitig mit grösster Länge in der Schlosslinie. Die Dicke des Gehäuses meistens etwas beträchtlicher wie die Höhe. Die grösste Dicke liegt auf einem scharfen Kiel, welcher mit der vorderen Schlosslinie einen stumpfen Winkel von 110° bildend vom Wirbel schräg über die Schale bis zum unteren Rand sich erstreckt und dieselbe in zwei sehr ungleiche Hälften trennt. Der vordere Theil läuft gleichmässig sich verschmälernd in einen langen Flügel aus. Der hinter dem Kiel liegende Theil bildet mit dem vorderen einen spitzen Winkel, ist flach, ein wenig concav, fast

kreisrund und hat auf der Mitte, ein wenig unter den Wirbeln, eine spitzkegelförmige Verlängerung. Die Schalen klaffen am vorderen Flügel weit auseinander. Die Oberfläche des vorderen Theiles ist mit breiten Längsrippen bedeckt, welche in der Nähe des Kieles schmaler werden, und zwischen welche sich äusserst feine Rippchen einschieben. Die hintere Fläche hat flachere, von dem Kiel nach der Mitte immer kleinere Kreise bildende Rippen. Die feinen, dicht stehenden Anwachsstreifen sind nur bei guter Erhaltung der Schale sichtbar. Sie bilden auf der vorderen Hälfte schwache Wellenlinien, der hintere Theil der Schale hat von der kegelförmigen Verlängerung ausstrahlende, dichtstehende, sehr feine radiale Linien.

Massverhältnisse:

Länge	15,	Höhe	8,	Dicke	9 mm
"	12,	"	9,	"	10 "
"	10,	"	6,	"	6 "

Vorkommen: Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Art, welche in mehreren Exemplaren auf der Grube Hainau gefunden wurde, zeichnet sich durch den die Schale in zwei ungleiche Hälften theilenden Kiel und die flach scheibenförmige Bildung des hinteren Schalentheiles aus. Uebrigens ist das Vorkommen dieser interessanten Form nicht auf unsern Kalk beschränkt, es liegt mir die gleiche Form aus dem Stringocephalenkalk von Söthenich in der Eifel vor, welche mit der Bezeichnung „Con. aliforme“ versehen war. Die Art findet sich auf der rechten Rheinseite bereits in meiner Stufe III., der unteren Grauwacke (Oppershofer), ferner in der Cultripigatusstufe (VIII) an den bekannten Fundstellen bei Niederlahnstein und dem Laubbach bei Coblenz. Letztere Vorkommen gestatten an gut erhaltenen Steinkernen das Studium des inneren Baues der Schalen. Unter dem Wirbel befindet sich der Eindruck eines längeren, schmalen Schlosszahnes, welcher sich sowohl über einen Theil der vorderen, wie der hinteren Hälfte der Schale hinzieht, die vordere Hälfte hat ausserdem einen auf deren Mitte spitz beginnenden und bis zum vorderen Rand breit auslaufenden Schlosszahn. Ueber die Mitte beider Schalen läuft, mit dem Aussenrand parallel der einfache Manteleindruck.

Zeiler¹⁾ hat ein Conocardium reflexum aus der Grauwacke von Unkel beschrieben und dabei bemerkt, dass diese Form eine der gewöhnlichen Petrefakten der Coblenzer Grauwacke sei. Die beigegebene Abbildung zeigt zweifellos grosse Aehnlichkeit mit unserer Art, und wäre nicht unmöglich,

¹⁾ Verh. d. Nass. Ver. Jahrg. XIV. N. Folge IV. S. 48. T. IV. F. 4—8.

dass beide Formen identisch sind. Es würde in diesem Fall eine neue Benennung überflüssig sein. Allein aus der Beschreibung des Unkeler Exemplares lässt sich dieser Schluss nicht ziehen. Unter dem Röhrenfortsatze, in welchem die vorderen (hinteren) Schalentheile auslaufen, soll sich eine dahinspitz zulaufende Vertiefung der Zahnleiste befinden, und sämtliche Schalenstreifen sollen gleich breit, glatt und nicht zahlreich sein. Diese Angaben passen nicht auf unsere Art, und obgleich die Vermuthung dafür spricht, dass der Beschreibung bei Zeiler und Wirtgen unvollkommen erhaltene Exemplare unserer Art zu Grund lagen, denn es ist mir ausser dieser keine andere aus der Coblenzer Grauwacke bekannt, ist eine Identität immerhin zweifelhaft.

Conocardium Hainense. n s.

Taf. IX. Fig. 21.

Der Umriss des Gehäuses bildet ein fast gleichseitiges Dreieck. Die Schlosslinie ist kürzer wie an den vorherbeschriebenen Arten, indem der vordere Flügel abgestutzt ist, der vordere Schalenrand bildet mit der Schlosslinie einen nahezu rechten Winkel. Der hintere Flügel noch kürzer wie der vordere, die kegelförmige Spitze wenig vorstehend. Das Gehäuse ist gleichmässig gewölbt, mit grösster Dicke in der Nähe der Wirbel. Nur der den vorderen Flügel bildende kleine Theil etwas zusammengedrückt, der hintere Flügel ist flach gewölbt. Die Wirbel sind aufliegend, die Schalen vorne klaffend, der Querschnitt ist herzförmig. Die Längsrippen auf der Mitte der Schale sind von den Wirbeln aus schwach nach vorne gerichtet und biegen sich in flachem Bogen nach hinten um. Sie sind scharfkantig, mit ebener Fläche, auf der Mitte mit einer feinen Leiste versehen, welche mitunter durch eine scharfe Furche ersetzt ist. Die Rippen sind durch tiefe, fast ebenso breite Rinnen geschieden. Nach vorne werden die Rippen breiter, die Rinnen schmaler, auf dem vorderen zusammengedrückten Flügel verschwinden die Rinnen vollständig. Der hintere Flügel hat flache, gebogene, breite Rippen. Die sehr dicht liegenden ungleich starken Anwachsstreifen laufen in breit convexen Bogenlinien über die Längsrippen, auf dem hinteren Flügel bilden sie feine radiale Linien.

Dimensionen:

Länge 14, Höhe 12, Dicke 10 mm

„ 08? „ 06, „ 6 „

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Form unterscheidet sich von bekannten Arten durch den kurzen gedrungenen Bau und die scharfe Rippenbildung. Sie ist übrigens nicht auf unser Gebiet beschränkt, sondern findet sich auch in der Eifel. Ein nicht vollständig erhaltenes Exemplar von der Auburg bei Gerolstein hat zwar einen abgestutzteren hinteren Theil, allein übereinstimmend ist der sehr kurze gedrungene Bau und die scharfkantige flache Form der Rippen, welche mit tiefen Rinnen abwechseln.

Letztere Ausbildung könnte vermuthen lassen, dass nur Steinkerne, vielleicht sogar einer bekannten Art, etwa des Con. Villmarensis, deren Umrisse ziemlich übereinstimmend sind, vorliegen, indem ihrer Epidermis beraubte Conocardien, welche gar nicht selten vorkommen, ähnliche Oberflächen zeigen, allein die Anwachsstreifen sind zu stark und deutlich, als dass man Steinkernbildung annehmen könne.

Genus *Cypricardinia* J. Hall.

Cypricardinia elongata d'Arch. et de Vern.

Taf. IX. Fig. 27—29.

Cypricardinia elongata d'Arch. et de Vern., Geol. Trans. Ser. II. Vol. IV. S. 374. T. 36. Fig. 14.
— — Sandb., Rhein. Sch. Nass. S. 261. T. 27. Fig. 14.

Von dieser Art wurden zwei nicht vollständig erhaltene Exemplare im Kalk der Grube Hainau gefunden. An beiden fehlt der Buckel. Trotzdem lassen die vorhandenen Theile eine sichere Bestimmung zu. Das eine Exemplar gehört der längeren Form an (vergl. Sandb. F. 14, 14a), das andere der breiteren (vergl. Sandb. F. 14b, c). Der vordere Theil der Schale ist ziemlich stark gewölbt, der hintere Theil bildet einen flachen kürzeren oder längeren Flügel, von dem Vordertheil durch einen schräg über die Schale laufenden gerundeten Kiel getrennt. Das breitere Exemplar hat auf dem Vordertheil eine vom Buckel bis zum Rand laufende, nach vor negelegene schwache Depression, das längere Exemplar zeigt an dieser Stelle nur eine ganz schwache Einbuchtung des Aussenrandes. Die concentrischen Anwachsrillen liegen dachziegelartig übereinander, über dieselben weg laufen Längsrillen, welche auf der vorderen abgestutzten Fläche der Anwachsrillen stärker hervortreten. Ausserdem bemerkt man mit der Loupe über diese vordere Fläche laufende äusserst feine concentrische Linien. Das Vorhandensein dieser feinen Linien

findet sich weder bei d'Arch. et de Vern. noch bei Sandberger erwähnt, und liegt der Grund offenbar in dem Erhaltungszustand der untersuchten Exemplare. Den ersteren Forschern scheinen überhaupt nur schlecht erhaltene Exemplare zu Gebot gestanden zu haben, denn sie erwähnen auch nicht die von Sandberger beschriebenen Längsrippchen.

Die Epidermis dieser Art scheint eine äusserst zarte und selten vollständig erhaltene zu sein. Meinen Beobachtungen liegt ein Guttaperchaabdruck zu Grund, welcher die feine Zeichnung der Schalenoberfläche ausserordentlich deutlich wiedergibt.

Vorkommen: nach Sandberger bei Villmar im oberen Stringocephalenkalk, bei Gerolstein in der Eifel und im englischen Mitteldevon.

Cypricardinia squamifera A. Röm.

Taf. IX. Fig. 30—33.

Cypricardinia squamifera Phill., A. Röm., Beitr. I. S. 33. T. V. F. 4.

— *lamellosa* Sandb., Rhein. Sch. Nass. S. 262. T. 27. F. 13.

Der Umriss hat die Form eines Trapezes mit abgerundeten Ecken. Die Schalen sind mässig stark gewölbt, die Buckeln sind nur wenig vorragend. Der vordere, stärker gewölbte und grössere Theil der Schale ist von den hinteren durch einen vom Buckel schräg nach dem unteren Rand laufenden stumpfen Kiel geschieden, der hintere Theil bildet einen kurzen Flügel. Der Hinterrand ist schwach eingebuchtet. Schlossrand und Hinterrand stossen unter einem sehr stumpfen Winkel zusammen. Die concentrischen Anwachsrippchen liegen wohl dachziegelförmig übereinander, haben aber gerundete Kanten. Sie sind an den Buckeln am zahlreichsten und werlen nach dem unteren Rand zu immer stärker und weiter auseinanderliegend. Die Zahl der Rippen ist eine schwankende, bei gleicher Grösse der Individuen zählt man 25 bis 40 Anwachsrippen.

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Form findet sich in den oberen Stringocephalenkalken von Villmar in Nassau und von Grund im Harz. Kayser¹⁾ beschreibt aus den sandigen Schichten des Klosterholzes ein unvollständig erhaltenes Exemplar, welches mit der gleichnamigen Muschel Hall's aus den Unterhelderbergsschichten keine wesentlichen Unterschiede zeigen soll, und nach Zeichnung und Beschreibung gut mit *Cypr. lamellosa* Sandb. übereinstimmt.

¹⁾ Kayser, Devon-Abl. Harz 1878, Seite 128. Taf. 20. F. 3.

Cypricardinia crenicostata A. Röm.

Taf. IX. Fig. 34.

Cypricardia crenicostata Röm., Beitr. I. S. 60. T. A. F. 19.

Die kleine Schale hat vierseitigen querverlängerten Umriss mit abgerundeten Ecken, und ist stark gewölbt. Ein vom Buckel bis zum Unterrand quer herablaufender Kiel trennt die Schale in zwei sehr ungleiche Theile. Den hinteren Theil bildet ein kleiner Flügel, dessen Hinterrand mit dem Schlossrand unter einen sehr stumpfen Winkel zusammenstösst. Der vordere Theil hat eine vom Buckel bis zum Vorderrand reichende schwache Depression, mit schwacher Einbuchtung des Vorderrandes. Die Anwachsrillen sind ziemlich stark entwickelt und mit kurzen abgebrochenen Längsleistchen bedeckt.

Maassverhältnisse: Länge 3, Breite 4, Höhe 2 mm.

Vorkommen: Unser Exemplar stammt aus dem Kalk der Grube Hainau, im Harz findet sich die Art, zugleich mit der vorherbeschriebenen lamellosa, in den sandigen Schichten des Klosterholzes.

Bemerk. Von der beschriebenen Form ist nur ein Exemplar gefunden worden, welches mit der Harzer Art in seinem äusseren Umriss, sowie dem quer laufenden Kiel, der Depression auf dem vorderen Schalthheil und insbesondere in dem Vorhandensein kurzer Längsleistchen sehr gut übereinstimmt. Nur die Zahl der Anwachsrillen ist an dem rheinischen Exemplar eine geringere. Da jedoch bei den Cypricardinien überhaupt die Regel ist, dass die Zahl der Rippen bei verschiedenen Exemplaren derselben Art Schwankungen unterliegt, ich erwähne nur die vorherbeschriebenen Cyp. lamellosa, müssen die beiden Formen einer Art angehörend betrachtet werden.

Eine ähnliche, auch mit Längsleistchen versehene Form ist die C. crenistria Sandb. aus der rechtsrheinischen Cultrijugatusstufe, allein letztere hat grössere Dimensionen, die concentrischen Rippen stehen weiter auseinander und die radialen Leistchen sind länger.

Genus Allorisma King.

Allorisma cancellata n. s.

Taf. IX. Fig. 35.

Der Beschreibung liegen mehrere nur unvollständig erhaltene Exemplare zu Grunde. Der Umriss ist quer verlängert, die Schlosslinie bildet einen

stumpfen Winkel, der Wirbel liegt wenig vor der Mitte, die hintere Hälfte der Schale unbedeutend länger wie die vordere. Schale flach convex, mit wenigen vereinzelten Anwachsstreifen auf der Mitte und 3—4 dicht gedrängten am Rand. Die Körnelung der Oberfläche ist eine ausserordentlich regelmässige. Die feinen Körnchen sind nämlich in Reihen geordnet, welche in einem spitzen Winkel von 40°, dessen Spitze nach dem Wirbel gerichtet ist, sich schneiden. Die Schale ist schwach schmutziggelb gefärbt, und da diese Beobachtung sich an zwei Exemplaren machen lässt, ist sie wohl keine zufällige, vielmehr scheinen Reste der ursprünglichen Färbung sich erhalten zu haben.

Bemerk. Trotz des mangelhaften Erhaltungszustandes unserer Exemplare, welcher eine Untersuchung der Muskeleindrücke nicht gestattet, ist durch die erwähnte Körnelung die Zugehörigkeit der Art zu der Gattung *Allorisma* zweifellos. Von bekannten Formen der Eifel nähert sich dieselbe am meisten der *Sanguinolaria Tellinaria* Goldf., unterscheidet sich aber von ihr durch die geringe Zahl der Anwachsstreifen und die eigenthümliche Körnelung.

Das Vorkommen von Farbenspuren ist bereits an einzelnen Versteinerungen aus verschiedenen Formationen beobachtet worden, und sind diese Beobachtungen von Kayser (*Zeitschr. der d. geol. Ges.* 1871, Seite 265) übersichtlich zusammengestellt worden. Aus der Eifel kennt man gefärbte Exemplare der *Rhynchonella pagnus*, doch ist die Art der Färbung eine andere, wie an unseren Exemplaren. Dort zeigen sich zahlreiche, fast stecknadelgrosse, mehr oder weniger intensiv rostbraune Flecke, welche in Reihen geordnet liegen, ebensowenig zeigen unsere Exemplare eine Radialstreifung der Farbe, wie sie an mehreren fossilen Brachiopoden beobachtet wurde. Die Färbung der *Allorisma cancellata* ist eine gleichmässig über die ganze Schale verbreitete und nimmt vom Wirbel nach dem Rand an Intensität zu.

Classe Gastropoda.

Genus *Dentalium* Linné.

Dentalium robustum n. s.

Taf. X. Fig. 1.

Es sind nur Bruchstücke gefunden worden, das grösste davon ist ein Gehäuse von 15 mm Länge, mit einer Breite von 3:4 mm. Die Breiten-

zunahme ist demnach mässig stark. Das Gehäuse ist gerade gestreckt, der Durchmesser ist kreisrund, die Schale ist stark, sie hat eine Dicke von 0,8 mm, die Oberfläche ist glatt.

Grube Rothe Erde.

Bemerk. Aus den mitteldevonischen Kalken der Eifel und von Villmar ist zwar eine grössere Zahl von Arten dieser Gattung bekannt, aber keine mit glatter Oberfläche, zudem scheint unsere Art sich durch die Dicke ihres Gehäuses auszuzeichnen.

Genus *Pleurotomaria* DeFrance.

Pleurotomaria *Orbignyana* d'Arch. et de Vern.

Taf. X. Fig. 2, 3.

Pleurot. Orbignyana d'Arch. et de Vern., Géol. Trans. Ser. II. Vol. VI. S. 359. T. XXXII. F. 18—20.
— *decurasata* Sandb., Rhein. Sch. Nass. 8. 196. T. XXIV. F. 1—9.

Diese im Stringocephalenkalk von Villmar häufig in verschiedenen Abänderungen und auch bei Paffrath vorkommende Art wurde in mehreren schlecht erhaltenen Exemplaren gesammelt, deren Ausbildung der von Sandberger als die typische bezeichneten Form entspricht. 5 Umgänge sind erhalten, welche ein stumpf kegelförmiges Gehäuse bilden und mit 5—7 Längsstreifen geziert sind, welche von zahlreichen Anwachsrippchen schräg gekreuzt werden. Die Kreuzungspunkte sind ein wenig angeschwollen. Ueber dem mässig breiten, wenig unter der Mitte liegenden Schlitzband sind die Rippen nach vorne gerichtet, unter demselben verlaufen sie in sehr schwachem Bogen wenig nach hinten.

Vorkommen: Gruben Hainau und Rothe Erde.

Genus *Euomphalus* Sowerby.

Euomphalus *laevis* d'Arch. et de Vern.

Taf. X. Fig. 4.

Euomph. laevis, d'Arch. et de Vern., Geol. Transact. T. II, V, VI. S. 863. Pl. XXXIII. F. 8.
— — Sandberger, Rhein. Sch. Nass. 8. 213. T. XXV. F. 6.

Das einzige hier gefundene Exemplar dieser Art ist leider beim Präparieren verletzt worden, so dass nur eine unvollständige Abbildung gegeben

werden kann. Das Gehäuse, welches einem jungen Individuum angehörte, ist fast flach, indem die inneren Windungen sich wenig über die äusseren erheben, und hat länglich ovalen Umriss, entsprechend den Abbildungen bei Sandberger. Man zählt nur drei sich leicht berührende gerundete Umgänge, welche sehr schwache Anwachsstreifen zeigen.

Bemerk. Kayser¹⁾ beschreibt einen *Euomphalus* aus dem Kalk des Klosterholzes, welcher sich darin von *laevis* unterscheiden soll, dass die Windungen flach bleiben und die Schale wahrscheinlich vollständig glatt war, während bei letzterem die Windungen schwach aufsteigen und Anwachsstreifen vorhanden sind. Diese Eigenschaften des *laevis*, dessen Entwicklungsformen überhaupt sehr mannigfaltig sind, treten jedoch bei einzelnen Individuen so zurück, dass ein Unterschied mit der typischen Form kaum zu finden sein wird.

Genus *Loxonema* Phillips.

Loxonema tornatum n. s.

Taf. X. Fig. 5.

Gehäuse mässig gross, einen regelmässigen spitzen Kegel bildend. Die 12 Umgänge sind flach und schmal; die Nähte bilden eine lang gezogene Spirale. Mündung nicht vollständig erhalten. Die Länge beträgt 26 mm., die Breite der letzten Windung 13 mm. Oberfläche mit zahlreichen, wenig vortretenden, ungleich starken, schiefstehenden Anwachsrrippchen bedeckt. Auf 1 mm Breite zählt man durchschnittlich sechs solcher Rippen.

Zwei Exemplare im Kalk der Grube Rothe Erde.

Bemerk. Die beschriebene Art schliesst sich an die im Mitteldevon weit verbreitete *Loxonema costatum* Goldf. nahe an, zeigt jedoch nicht unwesentliche Verschiedenheiten, welche eine Vereinigung nicht zulassen. Die Zahl der Windungen ist grösser, die Windungen selbst sind schmaler, und die schiefen Anwachsrrippen laufen in einer geraden Linie über die Schale, während sie bei *costatum* gebogen sind.

¹⁾ l. c. S. 106. T. 17. F. 5.

Genus *Littorina* de Koninck.*Littorina subrugosa* Sandb.

Taf. X. Fig. 6.

Littorina subrugosa Sandb., Rhein. Sch. Nass. 8. 220. T. XXV. F. 30.

Gehäuse kegelförmig, aus vier Umgängen bestehend, mit breiten, scharfkantigen Querfalten geziert.

Bemerk. Das beschriebene Exemplar, welches Herr Professor Dr. Bücking mir zur Einsicht mitzuthemen die Güte hatte, hat etwas spitzere Kegelform wie das bei Sandberger abgebildete Exemplar von Villmar, während die Verzierung der Schalen vollständig übereinstimmt. Das Vorkommen ist auf die Kalke von Villmar und Hainau beschränkt.

Genus *Capulus* Montfort.*Capulus priscus* Goldf.

Taf. X. Fig. 7, 8.

Pileopsis prisca Goldf., Petr. Germ. III. T. 168. F. 1.

Das Gehäuse besteht aus zwei spiralgewundenen Umgängen; der erste, nach der linken Seite gewendete Umgang ist anliegend und bleibt in seinen Dimensionen klein, der zweite Umgang nimmt sehr rasch an Höhe und Breite zu. Der Querschnitt bildet fast eine Kreisform. Der Kern ist glatt, die nur an wenigen Stellen erhaltene Schale hat dicht stehende, ungleich starke, wollige Anwachsstreifen.

Bemerk. Die auf der Grube Hainau gefundenen Exemplare passen sehr gut zu dem in der Eifel in seiner äusseren Erscheinung sehr variablen *C. priscus*. Das Charakteristische dieser Art besteht in der gedrungeuen spiralen Anfangswindung und dann rasch zunehmender Höhe und Breite des Gehäuses. Unsere Exemplare erreichen nicht die Grösse, welche man an den Eifeler Vorkommen zu beobachten gewohnt ist.

Exemplare des Harzes, welche Kayser als fraglich zu dieser Art stellt, sind zwar etwas schlanker gebaut, stimmen im Uebrigen jedoch sehr gut mit den Exemplaren von Hainau überein.

In meiner früheren Arbeit über die Fauna des Kalkes von Hainau findet sich von dort auch der *Capulus gracilis* Sandberger aufgeführt. Nach sorgfältiger Prüfung glaube ich das Vorkommen dieser Art bezweifeln zu müssen. Flachere Exemplare des *Capulus priscus* wie des später zu erwähnenden *Capulus immersus* Barr. können leicht eine dem *Cap. gracilis* entsprechende Gestalt annehmen. Kayser sieht überhaupt in dem *Cap. gracilis* Sandb. nur eine durch starke Depression und ovalen Querschnitt ausgezeichnete Abänderung des *Cap. priscus*.

Capulus immersus Barr.

Taf. X. Fig. 9, 10.

Das Gehäuse hat einen elliptischen Umriss und besteht aus zwei bis drei spiral gewundenen anliegenden Umgängen. Das Gehäuse wächst langsam an, die Höhenzunahme ist beträchtlicher wie die Breitenzunahme. Der Querschnitt ist mehr oder weniger oval. Die linke Seite ist schwach gewölbt, auch die rechte Seite ist anfangs mit der linken vollständig symmetrisch gewölbt, erweitert sich jedoch ungleich stärker in der Nähe der Mündung.

An allen Exemplaren läuft mit der Rückenkante parallel auf der rechten Seite der Schale eine schmale Rinne, welche dem Rücken auf dieser Seite ein gerundet wulstförmiges Ansehen gibt. An zwei anderen Exemplaren zeigt sich eine schwache Rinne auch auf der anderen Seite des Rückens. Der Rand der Mündung ist nicht vollständig erhalten, es scheint die Mündung schief auf der der ersten Windung entgegengesetzten Seite gelegen zu haben. Die Schalenoberfläche ist nur an wenigen Stellen erhalten, sie hat schwache, convex nach vorne gebogene, ungleich starke Anwachsstreifen. Der Kern ist glatt.

Grube Hainau.

Bemerk. Den hiesigen Vorkommen entsprechende Formen finden sich in dem Greifensteiner Kalk, auch dort zeigt ein Exemplar die oben erwähnte schmale Rinne auf der rechten Seite. Barrande erklärte mir die Identität der Formen mit Exemplaren aus dem böhmischen Band f¹ für zulässig, weniger mit solchen aus e², welche kleiner bleiben. Unter den Harzer Formen könnte etwa *Capulus disjunctus* Giebel in Vergleich gezogen werden, welcher auch durch eine grössere Zahl Windungen und durch Seitenrinnen ausgezeichnet ist. Allein der Umriss ist ein verschiedener und die Seitenrinnen unserer Art erstrecken sich nur über einen Theil des letzten Umganges.

Capulus conf. emarginatus Barr.

Taf. X. Fig. 11, 12.

Das Gehäuse ist lang gestreckt, schwach gebogen und im Ganzen flach, erst in der Nähe der Mündung erweitert sich dasselbe. Die Breite ist fast gleich der halben Höhe, der Rücken ist schmal, die hintere Seite etwas breiter. Die Schnabelspitze ist abgebrochen, die letzte Windung war zweifellos freiliegend. In der Nähe der nicht erhaltenen Mündung ist die rechte Seite ein wenig ausgeschweift. Der Querschnitt bildet ein langgestrecktes Dreieck mit gerundeten Ecken. Der Steinkern ist glatt, die etwas abgelebene Schalenoberfläche lässt keine Anwachsstreifen erkennen.

Grube Hainau. Zwei Exemplare.

Bemerk. Die beschriebenen Exemplare haben Aehnlichkeit mit *Cap. emarginatus*, lassen sich jedoch nach Barrande nicht mit der böhmischen Art aus dem Band f^o bei *Koniprus* vereinigen, weil letztere zwei seitliche Einbuchtungen an der Mündung hat, welche unserer Form fehlen. Die bezügliche Mittheilung lautet:

„Ces spécimens se rapprochent de *Cap. emarginatus*, qui est caractérisé par 2 échancrures sur les bords de l'ouverture. On n'en voit aucune trace sur vos 2 spécimens.“

Auch mit dem Harzer *Cap. Zinkeni*, insbesondere mit den von Kayser l. c. Taf. XV. F. 7, 7a abgebildeten Formen besteht grosse Aehnlichkeit in Bezug auf Umriss und Flachheit des Gehäuses, während Identität ausgeschlossen ist, weil die Harzer Form ein etwas stärker um die Axe gedrehtes Gehäuse hat.

Capulus conf. hamulus Barr.?

Taf. X. Fig. 13.

Ein Herrn Barrande zur Einsicht vorgelegtes, unvollständig erhaltenes Exemplar erhielt ich mit folgender Bemerkung zurück: „Forme aplatie se rapproche de certaines variétés de *C. hamulus* Barr. = *rostratus*, nom déjà employé par Eichwald, mais diffère par sa largeur au crochet.“

Das Exemplar ist ein Steinkern mit abgebrochener Spitze, anscheinend nur aus einer vielleicht nicht vollständigen Windung bestehend. Der Umriss ist breit elliptisch. Das Wachstumsverhältniss des Gehäuses ist ein gleichmässiges mit beträchtlicher Höhenzunahme und geringerer Breitenzunahme. Querschnitt elliptisch. Unter den Harzer Formen findet sich keine, welche damit in Vergleich gezogen werden könnte.

Grube Hainau.



Capulus dormitans n. s.

Taf. X. Fig. 14.

Gehäuse lang kegelförmig, fast cylindrisch, indem dasselbe vom Wirbel bis zur Mündung nur wenig an Höhe und Breite zunimmt. Am Wirbel biegt die Rückenseite stark nach der Hinterseite um und spitzt sich rasch in einen wenig schief nach links gerichteten, frei stehenden, wenig gekrümmten kleinen Schnabel zu.

Der Querschnitt scheint wenig von der Kreisform abzuweichen. Das Gehäuse hat wenige sehr schwach entwickelte Längsfalten, die Schale ist glatt, ohne Streifen.

Grube Hainau.

Bemerk. Von dieser eigenartigen Form ist nur ein unvollständig erhaltenes Exemplar gefunden worden. Aehnliche Formen sind mir nicht bekannt.

Capulus aries n. s.

Taf. X. Fig. 15.

Eine kleine, zierliche Art mit freien Windungen. Der erste Umgang stark nach links umgebogen, während die Mündung auf der rechten Seite liegt. Das ganze Gehäuse ziemlich gleichmässig gekrümmt und an Höhe etwas mehr wie an Breite zunehmend. Der Rücken bedeutend schmaler wie die hintere Fläche, auf der zweiten Hälfte mit flacher Kante versehen, welche in der Nähe der Mündung wieder verschwindet. Oberfläche vollständig glatt. Der Querschnitt der Mündung gerundet vierseitig.

Grube Hainau.

Bemerk. Unter den zahlreichen böhmischen Formen, welche ähnlich zierlich, gekrümmt und glatt sind, finde ich keine, welche durch freie Windungen ausgezeichnet ist. Unter den Harzer Formen könnte Capulus Halfari Kayser in Vergleich gezogen werden, letztere hat jedoch starke Furchen und wird bedeutend grösser.

Capulus Hainensis n. s.

Taf. X. Fig. 16—20.

Die Gestalt dieser Art ist eine schwankende. Das Gehäuse hat eine sehr kleine erste Windung, welche einen vollständigen Umgang bildet, und erweitert sich dann ausserordentlich rasch zu einer mehr oder weniger weiten

Trichterform. Der Scheitel ist meistens ein wenig schief von links nach rechts gerichtet, einige Exemplare haben jedoch eine vollständig gleichseitige Ausbildung. Die Mündung ist nicht vollständig erhalten, an einer grösseren Zahl von Exemplaren mit wenigstens theilweise erhaltener Mündung hat diese eine breit glockenförmige Ausbreitung, während der Umriss derselben zwischen kreisrunder und querovaler Ausdehnung schwankt, je nachdem der Scheitel mehr oder weniger schief steht.

Es kommen schlankere Formen vor und solche mit so starker Krümmung, dass der erste Umgang nahe der Mündung liegt. An ersteren ist die Mündung verhältnissmässig kleiner, an letzteren erweitert sich dieselbe mitunter im Verhältniss zur Höhe wie 1 : 3. Alle diese unter sich abweichenden Ausbildungen sind durch zahlreiche Uebergänge verbunden.

Das Gehäuse ist glatt, ohne Rinnen und Falten. Die Schale, welche nur an wenigen Exemplaren vollständig erhalten ist, hat grobe wellige Anwachsstreifen, ähnlich dem *Capulus priscus* der Eifel. Die Grösse der Exemplare ist eine sehr schwankende. Der Durchmesser der Mündung geht von 4 mm bis 40 mm. Trotz der grossen Schwankungen, welche diese Art in ihrer Ausbildung zeigt, ist dieselbe doch leicht an der kleinen hakenförmigen ersten Windung und der raschen Erweiterung des Gehäuses leicht von anderen bekannten Arten zu unterscheiden. Sie ist die in unserem Kalk am zahlreichsten vertretene, wurde jedoch, wie alle *Capuliden*, nur auf der Grube Hainau gefunden.

Capulus tuberosus n. s.

Taf. X. Fig. 21, 22.

Der Umriss des Gehäuses schwankt zwischen breiter Kegelform und schlank pyramidaler Gestalt, mit schmalen, mehr oder weniger gekrümmtem Scheitel. Der Schnabel ist kurz, schmal und hakenförmig gebogen, die Anfangspitze fehlt allen Exemplaren. Das Gehäuse ist immer etwas schief, indem die Rückenkaute entweder nach links oder nach rechts gestellt ist. Das Gehäuse ist gefaltet, eine Falte liegt auf dem Rücken, eine auf jeder Seite. Die Falten beginnen auf dem Scheitel, sind schmal, auf der Mitte des Gehäuses öfters mit Höckern versehen und durch sehr flache muldenförmige Vertiefungen getrennt. Auch die Hinterfläche hat höckerige oder faltige Unebenheiten, welche jedoch erst nahe der Mündung auftreten.

Der Querschnitt bildet ein unregelmässiges Fünfeck. Die Schale ist zwar an allen Exemplaren ein wenig abgerieben, scheint aber glatt ohne Anwachsstreifen gewesen zu sein.



Bemerk. Nach gefälliger Mittheilung Barrande's soll das grössere und breiteste Exemplar viele Aehnlichkeit mit *Cap. sedens* f' haben. („Parmi les 4 spécimens de Hainau le plus grand et le plus large se rapproche beaucoup de mon *cap. sedens*, Pl. 18. F. 2.“) Da aber die vorliegenden sechs Exemplare trotz ihrer zwischen Kegel und Pyramide schwankenden Form einer Art angehören, so lassen sich dieselben mit der böhmischen Art doch nicht vereinigen. Unter den Harzer Formen zeigt der *Capulus multiplicatus* Giebel¹⁾ sehr viele Analogie mit unserer Art. Das Gehäuse des *multiplatus* hat dieselbe sehr variable Ausbildung mit bald vorwiegender Breite, bald mehr pyramidaler Gestalt. Allein die Faltenbildung ist doch eine verschiedene. An unserer Art treten die Falten am Scheitel auf und ist keine Spaltung derselben zu beobachten. An der Harzer Form beginnen sie schon am Schnabel, während am Scheitel sich oft eine Spaltung derselben vollzieht.

Gruppe des *Capulus hercynicus* Kayser.

Unter der Bezeichnung *Capulus hercynicus* vereinigt Kayser eine grössere Zahl Formen, welche von Römer und Giebel als selbstständige Arten unter verschiedenen Namen beschrieben worden sind. Als einzig Charakteristisches dieser Art bleibt nach dieser Vereinigung der mehr oder weniger schlank bis stumpfkegelförmige Bau des Gehäuses. In dem Kalk der Grube Hainau haben sich verschiedene Formen gefunden, welche unter diesen allgemeinen Charakter fallen, und folgeweise als Varietäten des *hercynicus* betrachtet werden müssten.

Allein sie haben einerseits unter sich so verschiedene Ausbildungen, dass sie unmöglich auf eine gemeinsame Stammform zurückgeführt werden können, andererseits zeigen sich bei einzelnen Formen nicht unwesentliche Verschiedenheiten mit den entsprechenden Harzer Formen, so dass ich nicht in allen identische Ausbildungen erkennen konnte und schliesslich der Aufstellung neuer Arten für gewisse hier gefundene Formen den Vorzug geben musste. Es sind die nachfolgenden Arten, welche hierhin zu rechnen sind:

1. *Capulus selcanus* Giebel ?
2. „ *rigidus* n. s.
3. „ *quadratus* n. s.

¹⁾ Kayser, Harz, Seite 97. Taf. 16. Fig. 7—9.

Capulus selcanus Giebel?

T. X. Fig. 23, 24.

Capulus selcanus Giebel, Sil. F. Unterh. 1858. S. 90. T. 3. F. 8.

— *hercynicus* var. *selcana*, Kayser, dev. Harz 1878. S. 90. T. 14. F. 1, 2.

Das Gehäuse ist stumpfkegelförmig, von gleicher Höhe wie Breite, fast symmetrisch, indem die Hinterseite sich nur unbedeutend weniger wie die Vorderseite erweitert, mit centralem spitzen Scheitel und nahezu kreisförmigem Querschnitt. Längsfalten sind sehr flach und treten nur vereinzelt auf. Die Schale ist abgerieben. Höhe und Breite erreichen 12—15 cm.

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Form würde, trotzdem dass sie nur in zwei kleinen Exemplaren gefunden wurde, welche die Grösse der Harzer Formen nicht erreichen, sich mit *C. selcanus* vereinigen lassen, wenn nicht die Schalenstruktur unbekannt wäre. Aehnliche Formen finden sich auch in dem böhmischen Band f¹, allein wie mir scheint mit glatter Schale, während *Selcanus* feine, dicht gedrängte Anwachsstreifen hat. Ich muss es daher vorerst dahin gestellt sein lassen, ob im Harz oder in Böhmen die unserer Art näherliegenden Formen sich finden.

Capulus rigidus n. s.

Taf. X. Fig. 25.

Die Form ist schiefkegelförmig, schlank, mit wenig gebogenem spitzen Scheitel und nicht gedreht. Die Vorderseite ist stark gewölbt, die Hinterseite bildet einen sehr flachen concaven Bogen. Der Querschnitt ist oval; die Mündung ist nicht erhalten, doch scheint eine plötzliche schwache Ausstülpung des Gehäuses und eine an der Hinterseite gelegene Einbuchtung ganz nahe der Mündung zu liegen. Das Gehäuse ist glatt, ohne Falten. Die Schale scheint nach den wenigen Resten, welche erhalten sind glatt, und ohne Streifen gewesen zu sein.

Bemerk. Die beschriebene Form, welche nur in einem Exemplar auf der Grube Hainau gefunden wurde, hat ausserordentlich grosse Aehnlichkeit mit dem Harzer *C. acutissimus* Giebel,¹⁾ auch nur in einem Exemplar existierend. Der letztere ist nur noch schlanker gebaut und würde sich sehr gut mit unserer Art vereinigen lassen, wenn auch an der Harzer Form eine

¹⁾ Kaiser, Harz. Seite 91. Taf. 14. Fig. 14.

Ausstülpung und Einbuchtung in der Nähe der Mündung, welche letztere an dem einen Exemplar nicht erhalten ist, beobachtet werden würde. Auch in dem böhmischen Band f² finden sich ähnliche spitzkegelige Formen. Sie besitzen eine ähnliche schwache Ausstülpung in der Nähe der Mündung, allein der Scheitel ist stumpf, und das Gehäuse ist nicht glatt, sondern hat schwache Querringel.

Capulus quadratus n. s.

Taf. X. Fig. 26—28.

Das Gehäuse ist mehr oder weniger schlank pyramidal, wenig oder gar nicht gedreht, mit leicht gebogenem spitzen Scheitel. Der Querschnitt bildet ein fast regelmässiges Rechteck. Zwei grössere flache oder schwach gewölbte Flächen auf den Seiten, zwei schmalere vorn und hinten, die hintere immer noch etwas unbedeutend schmaler wie die vordere. Die schon am Scheitel beginnenden Flächen stossen entweder in rechtem Winkel zusammen, oder es findet eine kleine Verschiebung statt, in Folge dessen die Winkel wenig stumpfe resp. spitze Lage erhalten. Die Kanten sind ziemlich scharf. Faltenbildung zeigt sich nur auf den beiden grösseren Seitenflächen; Vorder- und Hinterflächen sind glatt, mitunter bemerkt man am Steinkern schwache Querstreifen. Auf den Seiten liegen nie mehr wie drei Längsfalten, oft nur eine nahe einer Kante und mit dieser parallel laufend, mitunter treten sie so schwach auf, dass Spuren davon kaum wahrzunehmen sind.

Die Schale ist an sämtlichen Exemplaren abgerieben, es lässt sich daher nicht sagen, ob dieselbe glatt war oder Anwachsstreifen hatte.

Bemerk. Die beschriebene Art hat Aehnlichkeit mit dem Harzer *C. acutus* Röm.¹⁾ (nach Kayser eine Varietät seines *C. hercynicus*), auch an der Harzer Form ist der Querschnitt meist gerundet rechteckig, der spitze Schnabel schwach gebogen, das Gehäuse schlank oder stumpf schief kegelförmig; Unterschiede bestehen darin, dass die charakteristische Vierseitigkeit des Querschnittes der Hainauer Form in Folge der stärkeren Faltung nicht so scharf ausgeprägt ist, die Längsfalten stärker und wohl auch zahlreicher entwickelt sind und auf allen Seiten auftreten, an unserer Art nur an den beiden Seitenflächen.

Unter den böhmischen Formen des Bandes f² findet sich gleichfalls eine verwandte, aber doch wieder abweichende Form. Abgesehen von der bedeu-

¹⁾ Kayser, Harz. Seite 91. T. 14. Fig. 3—13.

tenderen Grösse, welche die Form erreicht, ist der Querschnitt nicht vierseitig sondern fünfseitig. Das Gehäuse hat fünf schon an Scheitel beginnende, ziemlich gleich breite Flächen, die Kanten sind stumpf, Rippen sind nur schwach entwickelt. Nahe Beziehungen unter den erwähnten Formen von Hainau, dem Harz und Böhmen bestehen offenbar.

Classe Pteropoda.

Genus *Tentaculites* Schloth.

Tentaculites mucronatus n. s.

Taf. X. Fig. 29—31.

Mit diesem Namen soll eine interessante, grosse Form eines *Tentaculites* aus dem Kalk der Grube Hainau bezeichnet werden. Ein vollständiges Exemplar wurde nicht gefunden, sondern nur mehrere Bruchstücke. Die besterhaltene Röhre, welcher die Spitze fehlt, hat eine Länge von 12 mm. Auf diese Länge kommt ein kleinerer Durchmesser von 1 mm, der grössere mit 1,5 mm. Die Röhre ist demnach sehr schlank gebaut und würde bei vollständiger Erhaltung wohl eine Länge von etwa 20 mm erreichen. Die Schale hat scharfkantige, dicht an einander gereichte Querringel von einer Breite, dass acht Ringel auf 1 mm Länge kommen. Ausserdem treten noch eine Zahl stärkerer Ringel auf, welche mit dem Durchmesser des Gehäuses an Höhe und Breite zunehmen, und sich nach oben in immer weiteren Abständen folgen. Diese Ringel, über welche äusserst feine Querlinien laufen, haben am unteren Ende einen Abstand von 1 mm, die beiden folgenden von 1,8 mm, dann 2 mm und zuletzt 2,5 mm. Während der untere sich nur wenig über die schwächeren Querringel erhebt, steht der letzte, unmittelbar unter dem Schalenrand liegende sehr bedeutend mit scharfer Kante vor. Längsstreifen sind nicht zu beobachten, die innere Wand ist glatt.

Bemerk. Die beschriebene Art hat Aehnlichkeit mit dem *Tent. irregularis* de Kon. aus dem belgischen Gedinien, unterscheidet sich jedoch durch den weit grösseren Abstand der stärkeren Ringel und durch die Schärfe der Kanten.

Arthropoda.

Classe Crustacea.

Genus Primitia.

Primitia pila n. s.

Taf. XI. Fig. 1.

Beide Klappen sind gleich ausgebildet. Der Umriss ist kurz oval, oberer und unterer Theil sind vollständig symmetrisch, unterscheiden sich jedoch dadurch, dass der untere Theil eine kurze kielartige Verlängerung hat. Beide Klappen sind gleich und ziemlich stark gewölbt, mit grösster Höhe in der Mitte. Die Dorsalseite ist etwas weniger gebogen wie die entgegengesetzte. Das Charnier lässt sich auf der ganzen Länge der Dorsalseite beobachten, am oberen Theil als feiner Schnitt zwischen den gleich gewölbten Klappen sich bis zur Ventralseite hinziehend, am unteren Theil zwischen zwei schmalen Leistchen gelegen, welche die Schalenränder bilden und welche sich bis zur unteren Spitze erstrecken, auf der Ventralseite ist das Charnier nur auf eine kurze Strecke am oberen Theil sichtbar. Ein wenig über der Mitte beider Klappen liegt eine schwach nach oben gebogene Furche, welche von der Dorsalschale ausgehend quer über die Schalen fast bis zu deren Mitte läuft. Die nur theilweise erhaltene Oberfläche der sehr dünnen Schale ist glatt.

Dimensionen:

Länge 11, Breite 7, Höhe 5 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Unter den böhmischen Formen dieser Gattung hat *Primitia tarda* Barr. ♀ (Tril. Suppl. T. 24. F. 15—18) Aehnlichkeit mit unserer Art. Unterschiede liegen darin, dass an letzterer die Furche über der Mitte liegt und an dem unteren Theil das Charnier zwischen Leistchen gelegen ist, an der böhmischen Form liegt die Furche mehr in der Mitte, das Charnier hat keine Leistchen.

Primitia contusa n. s.

Taf. XI. Fig. 2.

Ein nicht vollständig erhaltenes Exemplar dieser Gattung hat nicht nur eine von den vorherbeschriebenen Arten abweichende Form, sondern zeichnet sich auch durch eine ungewöhnliche Grösse aus, so dass trotz der mangelhaften Erhaltung eine Beschreibung des Fundes geschehen soll.

Es ist nur die rechte Klappe erhalten, am unteren Ende ist ein Stückchen abgebrochen. Der Umriss ist breitoval, die obere Hälfte ein wenig breiter wie die untere. Die Dorsalseite bildet fast in ihrer ganzen Länge eine gerade Linie, die Ventralseite ist stark gekrümmt, die Wölbung der Klappe ist mässig stark mit grösster Höhe in der Mitte. Das Charnier liegt in einer horizontalen Linie und erstreckt sich über den oberen Schalenrand bis zur Ventralseite. Auf der oberen Hälfte der Schale zieht ein wenig in schiefer Richtung nach unten von der Dorsalseite aus bis zur Mitte eine schmale mässig tiefe Furche. Die Oberfläche ist glatt.

Massverhältnisse:

Länge 21, Breite 16, Höhe 6 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Auch diese Form lässt sich mit der böhmischen *Pr. tarda* vergleichen. Letztere ist jedoch im Gegensatz zur beschriebenen lang oval und etwas gewölbter.

Primitia leviter n. s.

Taf. XI. Fig. 3.

Es ist nur eine Klappe, die rechte erhalten. Dieselbe hat einen länglich ovalen Umriss mit etwas ungleichen Hälften. Die obere Hälfte ist breiter wie die untere, der obere Rand beschreibt einen regelmässigen flachen Bogen. Die untere Hälfte der Klappe verschmälert sich nach der Spitze, veranlasst durch eine Knickung der Dorsalseite in nicht ganz dem letzten Drittel ihrer Länge und endet in einer flachen, stumpfen Spitze, welche über den gewölbten Theil der Schale vorsteht. Die Dorsalseite bildet in ihrem mittleren Drittel eine gerade Linie. Das obere Drittel ist schwach gebogen, das untere, kürzere zieht sich in stumpfem Winkel nach hinten. Das Charnier ist nicht auf die mittlere gerade Linie beschränkt, sondern oben und unten über die gebogenen Theile der Dorsalseite ausgedehnt. Es lässt sich zwar nicht mit Sicherheit,

allein nach den an der vorhergehenden Art gemachten Beobachtungen mit grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass das Charnier bis zur unteren Spitze reicht.

Die Ventralseite ist in ihrer ganzen Länge gleichmässig gebogen.

Oberhalb der Mitte zieht sich von der Dorsalseite aus quer über die Schale bis zu deren Mitte eine schwach gebogene flache Furche. Die Wölbung der Klappe ist mässig. Die nur theilweise erhaltene Oberfläche der sehr dünnen Schale ist glatt.

Dimensionen:

Länge 20, Breite 12, Höhe 4 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. *Primitia leviter* ist bedeutend grösser wie die aus dem böhmischen Becken bekannten Arten. Sie erreicht die doppelte Grösse und nähert sich nicht nur darin, sondern auch in der ungleichen Ausbildung der oberen und unteren Hälfte der Klappe, welche letztere sich nach unten verschmälert, dem Genus *Lepertitia*.

Primitia fabula n. s.

Taf. XI. Fig. 4, 5.

Die beiden Klappen sind vollständig gleich, sie haben länglich ovalen Umriss, gleiche Ausbildung oben und unten, Ventral- und Dorsalrand gleichmässig schwach gebogen, auch die Wölbung ist eine gleichmässige, mit grösster Höhe in der Mitte. Die beiden Klappen sind durch eine gerade Linie in ihrem ganzen Umfang geschieden, wahrscheinlich in Folge eines schwachen Druckes, welcher den Zusammenhang der Klappen störte. Eine Furche oder Depression ist nicht wahrzunehmen, allein wenig über der Mitte und wenig näher dem Dorsalrand findet sich auf jeder Klappe eine verhältnissmässig starke Tuberkel. Die Schalenoberfläche ist glatt.

Dimensionen:

Länge 5, Breite 4, Höhe 3 mm.

„ 5,5, „ 4,5, „ —

Ein vollständiges Exemplar und zwei isolirte Klappen im Kalk der Grube Hainau gefunden.

Bemerk. Diese kleine, zierliche wohl charakterisirte Form hat keine Aehnlichkeit mit einer bekannten böhmischen Art. *Prim. socialis* Barr.¹⁾,

¹⁾ Barr. Tril. Suppl. S. 551. Taf. 26.

welche ihr am nächsten steht, hat einen mehr breit ovalen Umriss und keine Tuberkel, auch mit der thüringischen *Beyrichia subcylindrica* Richter¹⁾, von welcher schon Barrande²⁾ vermuthet, dass sie zu *Primitia* gehöre, lässt sich unsere Art vergleichen; beide Arten haben gleiche Grösse, eine Tuberkel auf jeder Schale, an *Beyr. subcylindrica* ist jedoch der Dorsalrand schwach concav, an *Primitia fabula* schwach convex.

Genus *Orozoe* Barrande.

Orozoe marginata n. s.

Taf. XI. Fig. 6.

Es sind drei rechte und zwei linke Schalen, einer noch wenig gekannten Gattung der Ostracoden angehörend, und zwar theilweise in gut erhaltenen Exemplaren gefunden worden. Die Bestimmung wurde nach der Classification vorgenommen, welche Barrande für die im böhmischen Silur aufgefundenen Reste aufgestellt hat, gleichwie die Beschreibung sich der von Barrande gewählten Weise anschliessen soll.

Beide Schalen sind gleichklappig. Der Umriss ist im Ganzen länglich oval, mit einigen wenigen, sich aus der Beschreibung ergebenden Modificationen. Die Oberfläche, auf der Schlossseite sehr flach erhebt sich in einer schiefen Ebene nach der Ventralseite und fällt nahe am Rand, mit einer scharfen Kante sich umbiegend, fast in rechtem Winkel nach dem Ventralrand ab. Die unter der Kante liegende senkrechte Fläche hat ihre grösste Höhe in der Mitte der Schale und verflacht sich allmählich nach oben und unten. Die ganze Oberfläche zerfällt darnach in zwei sehr ungleich grosse Theile. In einen vorderen flachen, welcher fast die ganze Breite der Schale einnimmt, und einen hinteren mit dem ersteren einen rechten Winkel bildenden schmalen Theil.

Das Charnier ist fast gerade, wenig concav nach aussen, und nimmt nicht die ganze Länge der Schale ein. Der obere Schalenrand bildet eine gerade, nach der Kopfseite geneigte Linie und stösst mit dem Charnier unter einem stumpfen Winkel zusammen.

¹⁾ Jahrb. d. d. g. Ges. 1863. S. 659. Taf. 19. Fig. 12—15.

²⁾ Tril. Suppl. S. 539.

Mit dem Rand parallel läuft ein schmaler Saum mit dahinter liegender schwacher Furche, welcher sich nicht bis zum Charnier erstreckt, sondern in dieser Richtung allmählig verflacht; auf der Ventralseite setzen Saum und Furche noch eine kurze Strecke fort und verschwinden auf der steil aufgerichteten hinteren Fläche. Der Ventralrand ist schwach convex, nach aussen gebogen, er hat nur eine deutlich markirte Kante ohne Saum, während am unteren, einen Halbkreis bildenden Schalenrand die Kante wieder zu einem sehr schmalen Saum sich erweitert.

Vier Protuberanzen sind auf der grösseren flachen Fläche der Schale in der Weise vertheilt, dass oben und unten zwei grössere, in der Mitte zwei sich gegenüberstehende kleinere eine Sternform bilden. Die grösste Protuberanz liegt oben nahe der Kopfseite und erstreckt sich fast bis zur Schalenmitte, sie hat grösseren Umfang wie die übrigen, ist aber die flachere. Die auf der unteren Schalenhälfte liegende Protuberanz füllt fast den ganzen Raum des unteren Schalentheiles aus und spitzt sich nach oben so zu, dass die beiden Spitzen der grösseren Protuberanzen sich gegenüber liegen und durch eine schmale Furche von einander und getrennt bleiben. Die untere Protuberanz ist gleichmässig stark gewölbt, stärker wie die übrigen, auf ihrem oberen schmalen Ende erhebt sich eine kleine Tuberkel; an zwei Exemplaren sind noch mehrere kleine Körner auf der Oberfläche unregelmässig vertheilt.

Die beiden kleineren Protuberanzen schieben sich mit ihren spitzen Enden zwischen die grösseren in der Weise ein, dass die trennenden Furchen sich in rechtem Winkel kreuzen. Ihre Höhe ist bedeutender wie die der oberen und geringer wie die der unteren Protuberanz. Die hintere Protuberanz ist flach halbkugelig, genau auf der Mitte der hinteren Schalenhälfte gelegen, die vordere biegt sich nach unten und liegt zwischen Charnier und unteren Protuberanz.

Die Oberfläche ist glatt. Ob die Epidermis erhalten ist, vermag ich nicht anzugeben.

Die Länge beträgt 9 mm, die Breite 9,5 mm.

Bemerk. Die beschriebene Form wurde einer Gattung eingereiht, welche nur durch eine Art, die *Orozoe mira* Barrande¹⁾ aus der Kalketage f² von Konieprus vertreten ist.

Barrande begründete diesen Typus auf die Wahrnehmung, dass die Protuberanzen sehr stark entwickelt sind, und dass sie nicht allein auf den

¹⁾ Barr. Trilob. Suppl. S. 537. Pl. 24. F. 23, 24, 25.

Kopftheil, sondern auch auf die innere Fläche vertheilt sind. Diese Charakteristik passt vollständig auch auf unsere Art. Eine Uebereinstimmung besteht ferner darin, dass die Vertheilung der Protuberanzen eine ähnliche ist. Oben und unten zwei grössere, in der Mitte zwei kleinere. Allein diesen Aehnlichkeiten gegenüber machen sich viele unterscheidende Merkmale geltend, welche umso mehr Beachtung verdienen, als die Natur der einzelnen sich am Kern als Unebenheiten zeichnenden Theile dieser Thiergattung so wenig bekannt ist, dass bis jetzt alle Anhaltspunkte fehlen um Wesentliches von Unwesentlichem zu unterscheiden.

Als Unterschiede zwischen der rheinischen und böhmischen Form wären hervorzuheben:

1) An der rheinischen ist der Umriss doppelt so lang wie breit, an der böhmischen übertrifft die Länge nur um ein geringes Mass die Breite.

2) Die rheinische Form ist flach, mit einem steil abfallenden hinteren Rand, die böhmische sehr stark gewölbt mit einem flachen hinteren Rand.

3) An beiden Arten ist zwar die untere Protuberanz die grössere resp. gewölbtere, allein an der böhmischen Form ist die Erhebung eine viel bedeutendere und spitzt sich dieselbe zu einer scharfen Kante zu, während an unserer Form die untere Protuberanz einen gerundeten Scheitel hat, mit einer Tuberkel am oberen spitzen Ende.

4) An der böhmischen Form liegen die beiden kleineren Protuberanzen auf der Charnierseite, an unserer die eine kleinere auf der entgegengesetzten Seite.

5) Unsere Art erreicht nur ein Drittel der Grösse der böhmischen Art.

Genus *Harpes* Goldfuss.

Harpes macrocephalus Goldf.

Taf. XI. Fig. 7.

Harpes macrocephalus Goldf., N. a. s. C. Leop. Car. VXIX. S. 358. T. XXX. F. 2.

Es ist nur der Kopf erhalten, mit abgebrochenen Randspitzen. Er hat einen stumpf ovalen äusseren Umriss, der innere ist nur wenig in den Ecken concav gebogen. Der mittlere Theil des Kopfes erhebt sich vorne und von den Seiten in gleichmässig starker Wölbung bis zur Glabella. Der breite Rand liegt vorne horizontal und biegt, an Breite ein wenig abnehmend an

den Seiten nach unten um. Er hat einen schmalen äusseren und inneren Saum, über welche eine einfache Schnur grösserer Grübchen zieht, die innere Fläche ist mit kleineren Grübchen bedeckt, welche regellos und dichtgedrängt liegen. Auch der untere Theil der mittleren Erhebung zeigt bis zu einer gewissen Höhe diese Grübchen, während die Glabella und der umliegende Theil des Kopfes glatte Oberfläche haben. Da wo die Schale fehlt treten Körnchen an Stelle der Grübchen. Der erhabene Theil des Kopfes hat an der Stirn eine kleine schwache Wölbung, welche sich bis zum Rand erstreckt. Die Wölbung liegt zwischen zwei seichten Furchen. Eine zweite Furche geht von dem hinteren Theil der Glabella aus, seitlich sich ausbreitend und bereits auf der Mitte der Wangen verschwindend. Die kleinen, nach der Seite gerichteten Augen stehen vor und liegen nahe dem vorderen Ende der Glabella. Letztere bildet ein stark gewölbtes zwischen tiefen Dorsalfurchen gelegenes Oval, mit einem hinteren gerundeten Seitenlappen auf jeder Seite, welcher durch eine senkrechte Furche von dem mittleren Theil der Glabella getrennt ist. Der Occipitalring ist schmal und gewölbt, er verflacht sich nach den Seiten zu einem an Breite zunehmenden Occipitalrand.

Das beschriebene Exemplar fand sich im Kalk der Grube Hainau und ist im Besitz des Herrn Professor Dr. v. Könen, welcher die Güte hatte mir dasselbe zur Einsicht mitzutheilen.

Genus *Proetus* Steininger.

Proetus suplanatus n. s.

Taf. XI. Fig. 8—10.

Von dieser Art sind mehrere mehr oder weniger gut erhaltene isolirte Köpfe gefunden worden. Der äussere Umriss ist parabolisch, die Wölbung stark, die grösste Höhe in der Mitte des Hinterrandes gelegen, die Glabella schwach gewölbt, die Wangen steil abfallend. Der Aussenrand ist zwar sehr ungleich stark entwickelt, aber bei allen Exemplaren mehr oder weniger wulstförmig angeschwollen, in der Stirngegend am meisten, nach den Wangen zu sich verschmälernd. Je stärker der Wulst angeschwollen ist, desto spitzbogiger wird der Stirnrand. Mit dem Rand parallel läuft eine schmale innere Furche. Der Nackenring ist ziemlich breit und flach und hat gleiche Höhe mit dem Hinterrand der Glabella. In seiner Mitte liegt eine kleine

Tuberkel. Die Nackenfurche ist sehr markirt, sie theilt sich auf den Seiten gabelförmig, und werden dadurch in den Ecken kleine dreieckige Wulste gebildet. Die Glabella hat im Ganzen ovale Form, an der Stirn nur wenig schmaler wie an der Nackenfurche, vorne einen mehr oder weniger flachen Bogen bildend, die Seiten sind ein wenig eingebuchtet. Sie ist an einigen Exemplaren in der Mitte schwach kieförmig erhoben, anderen fehlt die kieförmige Erhebung. Seitenfurchen sind keine zu beobachten. Die Dorsalfurchen schneiden nicht sehr tief ein. Zwischen Glabella und Randsaum liegt eine an Breite sehr variable Fläche, je breiter diese Fläche, desto deutlicher tritt die vordere Seite der Glabella umgrenzender schwacher Saum auf, welcher in der Mitte schmal, nach den Seiten an Breite zunimmt. An den breiten Nackenring schliesst sich auf beiden Seiten ein sehr schmaler Occipitalring an, hinter welchem eine breite Furche liegt. Die Ecken bilden einen spitzen Winkel ohne Hörner. Die Augen sind mässig entwickelt, sie erreichen nicht die Höhe der Glabella, sie haben eine schmal ovale Form und ein fast vertical stehendes Gesichtsfeld. Der Seitenflügel des Mittelschildes ist sehr schmal, in Folge dessen die Augen sehr nahe der Glabella liegen. Die Gesichtsnähte laufen von den Augen aus in paralleler Richtung schwach convex nach den Seiten gebogen zur Stirn.

Die Oberfläche der Schale ist vollständig glatt, ohne Parallelstreifung und ohne Granulation.

Dimensionen:

Länge 11, Breite 15, Höhe 6 mm.

Bemerk. *Proetus subplanatus* ist, wie schon aus vorstehender Beschreibung hervorgeht, analog dem böhmischen *complanatus* eine etwas variable Form. Von den sieben Exemplaren, welche zur Untersuchung dienten, ist keines mit dem anderen vollständig übereinstimmend, allein sie sind durch Uebergänge verbunden und haben gemeinschaftliche Merkmale genug, um darin bei aller Verschiedenheit doch nur eine Art zu erkennen. Allen Formen gemeinsam ist die Flachheit der Glabella, die Einbuchtung der Dorsalfurchen, der breite Nackenring, die gespaltene Nackenfurche und der dicke Randsaum.

Unsere Art schliesst sich eng an den *Pr. complanatus* Barr. der böhmischen Etage F an, welcher die gleiche, starke Wölbung des Kopfes, den breiten Randsaum, die flache, von eingebuchteten Dorsalfurchen begrenzte Glabella hat. Beide Formen unterscheiden sich leicht durch die Nackenfurche, welche an der böhmischen ungetheilt an der unsrigen gabelförmig getheilt

ist. Ferner sind die Nackenringe sämtlicher Exemplare des subplanatus mit einer kleinen Tuberkel versehen, während sie der böhmischen Art öfter fehlen. Der Randsaum der letzteren hat feine Parallelstreifen, der des subplanatus ist glatt. Die böhmische Form hat zu Hörnern ausgezogene Seitenecken. Kayser¹⁾ bezeichnet eine unvollständig erhaltene Form des Laddekenberges im Harz als recht gut mit dem böhmischen complanatus übereinstimmend. Dieselbe hat mehrere Seitenfurchen auf der Glabella, welche unserer Art vollständig fehlen, auch scheint die Nackenfurche ungetheilt zu sein, es ist deshalb eine Vereinigung der Harzer und rheinischen Form nicht möglich.

In dem Kalk bei Greifenstein kommt eine der böhmischen Art sehr nahe stehende Form vor, welche von mir *Pl. conf. complanatus* Barr. bezeichnet wurde, weil sie derselben sehr nahe steht. Auch diese unterscheidet sich sehr wesentlich von der Hainauer Form durch die ungetheilte Nackenfurche, die Depressionen des Nackenringes, die feine Streifung des Randsaumes.

Proetus informis Maur.

Taf. XL Fig. 11.

Proetus informis Maur., Kalk b. Greif. 1880. S. 15. T. 1. F. 11.

Das sehr kleine Pygidium hat halbkreisförmigen, querverlängerten Umriss, mit schwach gerundeten Vorderecken. Die Axe nimmt fast $\frac{1}{3}$ der ganzen Breite ein, sie hat die Form eines abgestumpften Kegelschnittes, ist hoch gewölbt und reicht über die ganze Länge bis zum Randsaum. Sie hat fünf flache, dicht stehende, nur durch scharfe Nähte getrennte Ringe. Die Seitenlappen sind flach, mit einem breiten, nur durch eine schwache Furche bezeichneten Randsaum, welcher sich nach unten umbiegt. Sie haben ausser dem Articulationsreif vier bis fünf flache Rippen, welche schwach gebogen sind und bis zum Randsaum reichen. Oberfläche sehr fein granulirt.

Dimensionen:

Länge 2,5, Breite 6 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Form ist identisch mit den im Kalk bei Greifenstein gefundenen Exemplaren, welchen sie auch in den Grössenverhältnissen genau entspricht.

¹⁾ Fauna dev. Abl. d. Harzes 1878. Seite 13. T. 1. F. 9.

Proetus consonus n. s.

Taf. XI. Fig. 12.

Nur das Pygidium ist bekannt. Dasselbe ist halbkreisförmig, querverlängert, mit abgerundeten Vorderecken, es ist sehr flach. Die Axe erhebt sich mit starker Wölbung über die Seitenlappen, sie nimmt den vierten Theil der Breite ein und erstreckt sich über $\frac{2}{3}$ der Länge, sie hat Kegelform mit abgestutzter Spitze. Ausser dem schmalen Articulationsreif zählt man vier Axenringe, von denen drei stark hervortreten, indem die zwischenliegenden Furchen schmal und tief sind. Der vierte Ring ist undeutlich. Auf der Mitte jedes Ringes sitzt eine hervorragende Tuberkel.

Die Seitenlappen sind schwach convex mit einem ein wenig nach oben gebogenen, nicht abgegrenzten glatten Seitenrand. Der letztere hat an einigen Exemplaren in der Verlängerung der Axe eine schwache Einbuchtung. Die Vorderecken stehen ein wenig flügel förmig vor. Der Articulationsreif ist breit und biegt sich in der Nähe des Aussenrandes schwach um. Ausserdem sind vier Rippen zu erkennen, von denen je zwei an der Axe etwas näher aneinander gerückt sind, so dass es scheint, als wenn sie sich durch Spaltung gebildet hätten, darunter folgt manchmal noch eine selten deutlich erkennbare fünfte Rippe. Sie sind nur schwach gebogen, und reichen bis zum Randsaum.

Dimensionen:

Länge 7, Breite 14 mm.

„ 4, „ 9 „

Bemerk. Die beschriebene Art, welche in mehreren Exemplaren in Kalk der Grube Hainau gefunden wurde, hat viele Aehnlichkeit mit dem böhmischen *Pr. cremita* Barr. Die Unterschiede bestehen darin, dass an ersterer die Seitenlappen ein wenig flügel förmig vorstehen und die Axe abgestumpft ist. Auch der Greifensteiner Kalk hat eine ähnliche Form, welche von mir mit *Pr. conf. cremita* bezeichnet wurde und sich durch niedrigere und kürzere Axe unterscheidet, und endlich bezeichnet Kayser¹⁾ drei Formen aus den Kalklagern des oberen Sprakelsbaches und des grossen Mittelberges als identische Formen mit dem *Pr. erömita*. Die unter sich nicht völlig übereinstimmenden Harzer Exemplare zeigen einige Aehnlichkeit mit den Formen von Hainau darin, dass die Seitenlappen flügel förmig vortreten, dies zeigt

¹⁾ l. c. Seite 15. T. I. F. 2, 3, 4.

sich besonders deutlich bei Fig. 3 der Taf. I. Allein an den Harzer Formen endigt die Axe in einer Spitze, während die des *consonus* abgestutzt ist. Die erwähnten Formen von Hainau, Greifenstein und dem Harz lassen sich mit dem böhmischen *cremita* sehr gut zu einer Gruppe vereinigen, in welcher der böhmischen Form am nächsten die Greifensteiner steht, dann folgen die Harzer Formen, und endlich am meisten abweichend diejenigen von Hainau.

Proetus laevigatus Goldf.

Taf. XI. Fig. 18—15.

Gerastos laevigatus Goldf., Jahrb. v. Leonh. u. Bronn. 1848. S. 557. T. IV. F. 3.

Aeonina concinna Burm., Organ d. Trilob. S. 117. III. F. 1, 2.

Trigonaaspis laevigata Sandb., Rhein. Sch. Nass. S. 30. T. III. F. 2.

Der Kopf, Theile des Rumpfes und mehrere Pygydien sind erhalten. Der vordere Umriss des Kopfes bildet einen Halbkreis, der hintere einen schwach concaven Bogen. Der Kopf ist an seinen Aussenseiten stark gewölbt, indem der vordere Theil der Glabella sich stark umbiegt und die Wangen steil abfallen, der mittlere Theil ist flach. Ein vorstehender Saum mit dahinter liegender schwacher Furche umgibt den ganzen Kopf. Der Nackenring ist kaum breiter wie dieser Saum, er ist durch eine fast ebenso breite Furche von der Glabella getrennt. Die hintere Fläche der Glabella hat die Breite eines Wangentheiles, sie verschmälert sich nach vorne um die Hälfte, biegt sich im letzten Drittel ihrer Länge sehr stark nach unten um und erstreckt sich bis zur Randfurche. Die Dorsalfurchen sind wohl entwickelt. Die grossen Augen bilden eine halbkreisförmige Erhöhung ohne Facetten, sie erheben sich nicht bis zur Höhe der Glabella. Sie sind nach aussen von einer schwachen halbkreisförmigen Vertiefung umgeben, welche wieder von einem wenig vorstehenden Saum eingeschlossen ist. Die Wangen fallen steil ab, die Ecken sind schwach abgestumpft. Die Gesichtsnähte haben den gewöhnlichen Verlauf. Die Glabella ist mit mässig weit auseinanderliegenden, ziemlich dicken Körnern bedeckt, die übrigen Kopftheile sind glatt.

Das Pygidium bildet einen flachen Halbkreis, es ist breiter wie lang und mässig stark gewölbt. Die Axe, welche sich über $\frac{1}{4}$ der Länge erstreckt, ist vorragend und hat sieben deutliche Ringe. Die Seiten haben vier bis fünf mehr oder weniger deutliche flache Rippen, welche mit einer mittleren Naht versehen sind. Ein schwacher Randsaum ist vorhanden.

Bemerk. *Proctus laevigatus* tritt bereits im Unterdevon auf und findet

sich häufig im Eifeler Mitteldevon und im Kalk von Villmar. Zwar entsprechen die Abbildungen von Villmar bei Sandberger nicht vollständig der typischen Form, die Glabella ist zu schmal, die Axe und Seitenlappen des Pygidium sind zu stark gewölbt. Dennoch gehören die Vorkommen von Villmar, wie ich mich an Exemplaren des Wiesbadener Museum überzeugt habe, zu *laevigatus*. Diese Bemerkung anzufügen sehe ich mich um desswillen besonders veranlasst, weil man versucht sein könnte nach den Abbildungen bei Sandberger die Exemplare von Villmar mit der nachfolgend beschriebenen Art, dem *Proetus gracilis* zu identificiren, einer durch eine schmale Glabella ausgezeichneten Art.

Proetus gracilis n. s.

Taf. XI. Fig. 16, 17.

Im Kalk der Grube Rothe Erde haben sich zwei nicht vollständig erhaltene kleine Köpfe eines *Proetus* gefunden, welche mit dem *laevigatus* wohl einige Aehnlichkeit besitzen, aber doch zu einer selbstständigen Art gehörend angesehen werden müssen.

Der äussere Umriss ist oval, der innere bildet eine schwach concave Linie. Der Kopf ist im Längsprofil bis zur Stirn nur wenig gewölbt, die letztere senkt sich tief zur Randfurche. Im Querprofil ist der Kopf sehr stark gewölbt. Ein vorstehender Saum mit dahinter liegender schwacher Furche umgibt den ganzen Kopf. Der Nackenring ist schmal, von der Breite des Saumes, die Nackenfurche ebenfalls schmal und tief. Die Glabella hat an ihrer Basis nicht die volle Breite, sie erweitert sich auf den Seitentheilen ein wenig und nimmt dann an Breite fortwährend ab, um fast spitz zu enden. Sie ist nach den Seiten stark gewölbt, in der Richtung der Axe auf $\frac{2}{3}$ ihrer Länge flach, das letzte Drittel ist nach unten gebogen und erstreckt sich bis zur Randfurche. Die Dorsalfurche liegt tief. Die Augen sind sehr entwickelt, sie liegen nahe der Glabella, in der Höhe des Nackenringes beginnend und wenig über die halbe Länge der Glabella reichend. Sie liegen in einer schwachen Furche. Die Wangen fallen steil ab. Die Ecken laufen in eine kleine Spitze aus. Die Oberfläche der Glabella ist sehr fein gekörnt, der übrige Theil des Kopfes ist glatt.

Dimensionen: Länge 3, Breite 5 mm.

Ein wahrscheinlich zu dieser Art gehörendes nur im Steinkern erhaltenes Pygidium hat wie die beschriebenen Köpfe einen ovalen Umriss und ist sehr

stark gewölbt. Die Axe ist schmal, sie hat nicht die volle Breite einer Seite und erstreckt sich fast bis zum Rand. Ausser dem Articulationsreif zählt man sechs Axenringe. Die Seitenlappen sind stark gewölbt und haben ausser dem Articulationsreif fünf deutliche, durch breite Furchen getrennte Rippen, welche bis zu dem sehr flachen Randsaum reichen.

Dimensionen: Länge 11, Breite 13 mm.

Bemerk. Die beschriebene Art hat zwar viele Aehnlichkeit mit dem *laevigatus*, lässt sich jedoch von demselben leicht unterscheiden. Die Unterschiede bestehen in dem mehr ovalen Umriss des Kopfes, in der stärkeren Wölbung desselben, in der Schmalheit der Glabella und in der Lage der Augen, welche bei *gracilis* schon in der Höhe der Nackenfurche beginnen, bei *laevigatus* weiter davon entfernt liegen. Auch das Pygidium ist viel stärker gewölbt, die Axe schmalere und länger.

Proetus quadratus n. s.

Taf. XI. Fig. 18, 19.

Nur der mittlere Theil des Kopfes ist erhalten. Dieser Theil hat fast regelmässig vierseitigen Umriss, indem die Dorsalfurchen parallele Linien bilden und der Stirnrand nur schwach gebogen ist. Die Wölbung ist unbedeutend, die grösste Höhe auf der Mitte des Occipitalrandes, die Glabella nach vorne und den Seiten gleichmässig flach ausgebreitet. Der Occipitalring ist sehr breit und flach. Die Occipitalfurchen sind schmal und tief eingeschnitten, sie theilt sich auf den Seiten gabelförmig schon in ziemlicher Entfernung vom Rand, wodurch zwei spitzwinkelig-dreieckige Wulste in den Ecken gebildet werden. Die Glabella hat viereckigen Umriss, die Seiten laufen parallel, der vordere Rand ist schwach gebogen und stösst mit den Seiten in einem stumpfen Winkel zusammen. Die Dorsalfurche ist schmal und tief. Der Randsaum, welcher nur durch eine sehr schmale Furche von der Glabella getrennt ist, wenig entwickelt, er bildet einen schmalen, auf der Mitte der Stirn nur wenig an Breite zunehmenden Wulst. Die Gesichtsnaht entfernt sich nur wenig in der Nähe des Auges von der Dorsalfurche, läuft alsdann mit dieser parallel zum Stirnrand und biegt sich auf dem Wulst wenig nach innen. Die Oberfläche ist glatt.

Dimensionen:

Länge 6, Breite bis zum Auge 5,3 mm.

Grube Hainau.

Bemerk. Die beschriebene Art unterscheidet sich von *Proet. subplanatus* durch den schmalen, nur durch eine Furche von der Glabella getrennten Randsaum und das Fehlen einer Tuberkel auf dem Nackenring, von *Proet. laevigatus* durch den breiten Nackenring und die geringe Wölbung der Glabella, von *Proet. gracilis* durch die breite und flache Ausbildung der Glabella. Sie ist eine durch ausserordentliche Flachheit der Glabella ausgezeichnete Art.

Genus *Cyphaspis* Burmeister.

Cyphaspis hydrocephala A. Römer.

Taf. XI. Fig. 20—22.

Calymene hydrocephala A. Römer., *Verst. Harzgeb.* 1845. S. 38. T. 11. F. 7.

C. Barrandeï Corda, *Barrande, Trilob.* S. 486. T. 18. F. 38?

Cyphaspis ceratophthalmus Sandb., *Rhein. Sch. Nass.* 1856. S. 23. T. 2. F. 4.

— *hydrocephala* Kayser, *dev. Harz* 1878. S. 17. T. 1. F. 12. T. 3. F. 16—18.

Es ist zwar nur der zwischen den Gesichtsnäthen liegende Theil des Kopfes gefunden worden, aber in mehreren ziemlich gut erhaltenen Exemplaren. Dieser Theil des Kopfes bildet ein fast rechtwinkeliges Viereck, indem die Gesichtsnäthe in gerader Linie vom Occipitalrand über die Wangen zum Stirnrand laufen und in dieser Richtung nur unbedeutend sich nähern. Im Längsprofil ist dieser Kopftheil, insbesondere in seiner vorderen Hälfte sehr stark gewölbt. Die Wölbung des Querprofils ist unbedeutend. Der Occipitalring ist ziemlich breit und nur schwach gewölbt, die Occipitalfurchen schmal, aber tief einschneidend. Die Glabella hat birnförmige Gestalt, aufgebläht, nach vorne stark übergebogen, mit grösster Breite gegen die Mitte und nach hinten schmaler werdend, indem an der Basis auf jeder Seite durch eine schräg nach vorne gerichtete Furche ein kleiner, schmaler Seitenlappen abgeschnitten wird. Die Länge der Glabella ist gleich der doppelten Breite. Die Dorsalfurchen liegen sehr tief und schliessen die Glabella vollständig ein. Der schwach gebogene Stirnrand hat einen vorstehenden schmalen Saum mit dahinter liegender breiter Furche, welche durch eine stark geneigte breite Fläche von der Glabella getrennt ist. Auf dieser Fläche liegt unmittelbar vor der Glabella ein Körnchen. Der erhaltene Wangentheil ist stark gewölbt, erhebt sich jedoch nicht zur Höhe der Glabella. Die Augenhöcker bestehen aus spitzen, nach den Seiten gewendeten Wulsten, von denen jedoch nur die Hälfte erhalten ist. Glabella und Wangen sind stark, der vordere Theil des Kopfes schwach granulirt.

Ein wahrscheinlich zu dieser Art gehörendes, nur als Steinkern erhaltenes, in unmittelbarer Nähe eines kleinen Kopfes gefundenes kleines Pygidium hat halbkreisförmig querverlängerten Umriss mit abgerundeten Seitenecken. Die Oberfläche ist schwach gewölbt. Die Axe ist stark vorragend, nimmt fast $\frac{1}{3}$ der Breite und $\frac{3}{4}$ der Länge ein. Ausser dem Articulationsreif zählt man drei Ringe, von welchen zwei mit schwachen Knötchen auf der Mitte versehen sind. Die Seiten haben drei flache Rippen, welche sich nicht bis zum Rand erstrecken, die beiden ersten spalten sich schon an der Axe, die dritte ist sehr undeutlich. Ein breiter flacher Saum ist vorhanden.

Bemerk. Römer beschränkt sich nur auf wenige Bemerkungen über die von ihm im Kalk des Scheerenstieges gefundenen unvollständig erhaltenen Exemplare, ausführlicher beschreibt Kayser die Harzer Vorkommen, mit welchen die hier gefundenen Bruchstücke nach Text und Abbildung gut übereinstimmen. Kayser¹⁾ hat bereits darauf hingewiesen, dass Sandberger²⁾ die beiden Arten hydrocephala Röm. und ceratophthalma Goldf. irriger Weise als Synonyme betrachtet. Aus den im Wiesbadener Museum aufbewahrten Exemplaren von Oberscheld, sowie aus den Sandberger'schen Abbildungen geht aber unzweifelhaft hervor, dass die Formen von Oberscheld sowohl mit den Formen von Hainau, wie mit dem Harzer hydrocephala identisch sind. Der Unterschied zwischen ceratophthalma und hydrocephala soll nach Kayser³⁾ in der grösseren Breite der Glabella der letzteren Art liegen, während wie mir scheint die Verhältnisse gerade umgekehrt sind. Die Glabella von ceratophthalma ist breit und nur durch eine schmale tiefe Furche von den steil aufsteigenden Wangen getrennt, während die Glabella von hydrocephala länger wie breit, die Wangen flacher, und wie auf den Abbildungen bei Sandberger in einem Winkel von 45° aufsteigen. Sind diese Ausführungen richtig, so gehören die Formen von Oberscheld der Harzer Art an. Kayser vereinigt die Scheerenstieger Formen mit dem böhmischen *C. barrandei corda*. Giebel⁴⁾ findet nur Aehnlichkeit mit dem letzteren, welcher sich durch eine weniger vorspringende randliche Ausbreitung auszeichnen soll. Novak⁵⁾ erkennt eine auffallende Aehnlichkeit an und findet einen unbedeutenden Unterschied darin, dass der Nackenring der Harzer Art kein Körnchen trägt und die Nacken-

¹⁾ l. c. S. 18.

²⁾ Rhein. Sch. Nass. S. 23.

³⁾ l. c. S. 18.

⁴⁾ l. c. S. 7.

⁵⁾ Novak, Bemerkungen z. Kays. Fauna d. Harzes. S. 79.

furche der böhmischen Exemplare viel tiefer und breiter ist. Nach den mir zum Vergleich vorliegenden böhmischen Exemplaren erreicht zwar die rheinische Form die doppelte Grösse, allein die Massverhältnisse bleiben doch zientlich gleich. Wenn man nun beobachtet, dass an den böhmischen Formen die Glabella bald etwas länger, bald etwas kürzer, die zwischen Glabella und Randsaum gelegenen Fläche in ihrer Breite und Neigung auch kleinen Schwankungen unterliegt, so kann wie mir scheint auf kleine Differenzen mit Harzer und rheinischen Formen kein so grosses Gewicht beigelegt werden, und wäre eine Vereinigung der verschiedenen Vorkommen zu einer Art wohl statthaft.

Als eine Eigenthümlichkeit der Formen unseres Kalkes ist das Vorhandensein eines Knötchens auf der Mitte des Saumes unmittelbar vor der Glabella anzusehen. Ein solches Knötchen findet man von anderen Orten weder erwähnt noch abgebildet, während dasselbe an allen unseren Exemplaren vorhanden ist. Das Vorhandensein von schwachen Knötchen auf einigen Axenringen der Pygidien ist möglicher Weise damit in Zusammenhang zu bringen und würde die Wahrscheinlichkeit des Zusammengehörens der beschriebenen Köpfe und Pygidien zwar erhöhen, in demselben Mass aber die Unterschiede zwischen der Ausbildung unserer Exemplare und der typischen Form vergrössern. Uebrigens ist zu beachten, dass nur der Steinkern des Pygidium erhalten ist und die Knötchen auf der Schalenoberfläche möglicher Weise zurücktreten.

Als Hauptunterscheidungsmerkmale für die Köpfe der verschiedenen Vorkommen würden anzusehen sein:

- 1) Böhmisches Form. Körnchen auf dem Nackenring.
- 2) Harzer Form. Ohne Körnchen.
- 3) Rheinische Form. Körnchen auf dem Saum vor der Glabella.

Cyphaspis Strengi n. s.

Taf. XI. Fig. 23—26.

Der Kopf ist sehr stark gewölbt, der äussere Umriss ist oval, der innere bildet eine gerade Linie. Der Kopf ist stark in die Quere ausgedehnt, seine grösste Breite liegt in der Mitte seiner Länge, äusserer und innerer Umriss stossen in einem stumpfen Winkel zusammen. Der Randsaum ist schmal, hinter demselben liegt am Stirnrand eine schwache Furche, welche sich nach den Seiten vollständig verliert. Die Ecken sind zu langen, nur wenig ab-

stehenden kaum gebogenen Stacheln verlängert. Die Glabella hat eiförmigen Umriss, sie ist mit ihrem vorderen Theil stark umgebogen, auf der Kante dieser Biegung erheben sich zwei divergirende, in einem stumpfen Winkel zur Axe nach vorne gerichtete Stacheln. Der hintere Theil der Glabella ist schmal, auf jeder Seite liegt ein durch eine tiefe schräg nach vorne gerichtete Furche getrennter kleiner Seitenlappen; die Seitenlappen erheben sich nicht zur Höhe der Glabella. Die Dorsalfurche ist sehr tief, sie umgibt die Glabella grabenförmig, zwischen dieser und der Randfurche bleibt eine geneigte Fläche, welche vor der Glabella schmal, nach den Wangen zu breiter wird. Die Occipitalfurche ist ziemlich tief und breit, der Occipitalring ist schmal und vorstehend, auf seiner Mitte erhebt sich ein kleiner spitzer Dorn. Die Wangen sind kegelförmig mit ihrem Scheitel nach vorne gerichtet, sie liegen tiefer wie die Glabella, gegen die Dorsalfurche wenig geneigt, nach vorne in fast verticaler Linie abfallend, nach den Seiten erst sehr steil und dann in breiter Fläche bis zum Rand sich ausdehnend. Die Augen sind nicht vollständig erhalten, sie bildeten kleine runde, nach vorne gerichtete hervorragende Höcker auf der Spitze der Wangen. Die Oberfläche ist granulirt, die Körner sind stark und nicht sehr dicht stehend, gedrängter auf der Glabella und den Wangen, wie auf den übrigen Kopftheilen, treten sie in der Nähe der Randfurche nur noch vereinzelt auf.

Es sind bis jetzt nur isolirte Köpfe gefunden worden, die grösste Zahl im Kalk der Grube Rothe Erde, ein unvollständig erhaltenes Exemplar von der Grube Hainau ist im Besitz des Herrn von Koenen.

Bemerk. Die beschriebene Art bietet ein besonderes Interesse durch die auf der Glabella nach vorne sich erhebenden Stacheln. Man kennt bis jetzt nur wenige derartige Bildungen. Bei dem Genus *Ampyx* ist die Glabella in eine horizontale Spitze ausgezogen und *Trinucleus Reussi* Barr.¹⁾ hat auf dem Scheitel der Glabella einen vertical gestellten Stachel. Diesen Bildungen schliesst sich als dritte diejenige des *Cyphaspis Strengi* an, welche sich darin unterscheidet, dass nicht eine, sondern zwei Stacheln auf der Glabella sich erheben, welche in ihrer Richtung die Mitte zwischen horizontal und vertical einhalten. Die Kopfform hat im Ganzen grosse Aehnlichkeit mit dem des vorher beschriebenen *Cyph. hydrocephala*, nur ist sie breiter, die Glabella ist nach vorne viel angeschwollener, die Wangen liegen tiefer.

¹⁾ Barr. Tril. Taf. V. Fig. 15—20.

Ich nenne diese Art zu Ehren meines hochverehrten Freundes Professor Streng, welcher mich s. Z. auf die reiche Fauna des Kalkes der Grube Hainau aufmerksam machte, und deren Bearbeitung anregte.

Genus *Phacops* Emmerich.

Phacops latifrons Bronn.

Taf. XI. Fig. 27—30.

Calymene latifrons Bronn., Leonh. Zeitsch. S. 317. T. II. F. 1—8.

Phacops latifrons Burmeister, Org. d. Tril. S. 165. T. II. F. 4.

Zu dieser Art sind eine grössere Zahl isolirter Kopf- und Schwanztheile zu rechnen, welche theilweise nur als Steinkerne und grösstentheils schlecht erhalten sind. Durch den mangelhaften Erhaltungszustand wurden vergleichende Untersuchungen mit anderen Vorkommen dieser und ähnlicher Arten sehr erschwert, was um so mehr zu bedauern ist, als gerade hier in unserem Kalk, wo böhmische und mitteldevonische Formen in hervorragender Weise gemengt sich finden, die Unterschiede zwischen *Phacops latifrons* und *fecundus* scharf wahrnehmen zu können, ein ganz besonderes Interesse bietet.

Die Köpfe sind flach, die Augen erheben sich zum oder nur wenig über das Niveau der Glabella und lassen zwischen sich und dem Orcipitalring nur kleine Zwischenräume. Jedes Auge hat 18 verticale, aus 5—6 Linsen bestehende Reihen. Die Pygidien haben 7—8 Axenringe, die 5—6 Seitenlappen sind meistens flach, d. h. sie scheinen mehr oder weniger flach gedrückt zu sein, sie sind auf der Schale mit deutlichen Rinnen versehen, während dieselben am Kern nur sehr undeutlich wahrzunehmen sind.

Diese Rinnen könnten vermuthen lassen, dass die zusammengestellten Köpfe und Pygidien gar nicht einer und derselben Art angehören. Diese Annahme ist ausgeschlossen, nachdem ich auch unter Eifeler Exemplaren des *Phacops latifrons* dieselbe Bildung auf dem erhaltenen Schalentheil eines Pygidium beobachtet habe, während der Kern keine Rinnen hat. Diese Beobachtung wurde an einem Exemplar gemacht, an welchem das Auge sich sehr stark über die Glabella erhebt. Die Untersuchung einer grösseren Zahl Eifeler Formen führte aber weiter zu dem Ergebniss, dass unter 30 Exemplaren sich nicht weniger wie 3 fanden, an denen die Glabella sich über die Augen erhebt. Zwei davon sind grosse Exemplare mit starker Körnelung. In Folge dieser

Beobachtungen kann kein Zweifel bestehen, dass unsere Exemplare mit dem *Phacops latifrons* des Mitteldevon identisch sind.

In Bezug auf das Verhalten unserer Exemplare zu den Formen des böhmischen *Phacops fecundus* und den mit dieser Art von Kayser vereinigten Harzer Vorkommen wäre Folgendes zu bemerken.

Vom typischen *fecundus* unterscheiden sich unsere Exemplare durch die grössere Flachheit des Kopfes die höhere Lage der Augen, welche mindestens das Niveau der Glabella erreichen, den engen Zwischenraum zwischen Auge und Occipitalring und das Fehlen von Seitenfurchen auf der Glabella. Gemeinsam ist das Vorhandensein einer Naht auf den Seitenlappen des Pygidium.

In Bezug auf die Vergleichung unserer Exemplare mit den Vorkommen des Harzes muss zunächst erwähnt werden, dass bereits Novák¹⁾ die geringe Wahrscheinlichkeit betont hat, dass die von Kayser auf Taf. II. seiner Abhandlung zusammen gestellten Körpertheile einer Art angehören. Es ist kaum anders denkbar, als dass der Zeichner daran einen grossen Theil der Schuld trägt. Ich möchte desshalb lieber von einem Vergleich der Abbildungen ganz absehen, muss aber doch einen Fall der Nichtübereinstimmung von Text und Abbildung erwähnen, welcher bei Unterscheidung von *latifrons* und *fecundus* nicht unwichtig ist. Bei letzterem ist zwischen dem Auge und der Occipitalfurchen ein mehr oder weniger breiter Zwischenraum, bei *latifrons* beginnt das Auge an der Occipitalfurchen. Letztere Ausbildung zeigen aber die Fig. 4, 5, 6, 7. Es scheint demnach doch keine volle Uebereinstimmung der Harzer Exemplare mit dem typischen *fecundus* zu bestehen.

Wenn aber Kayser²⁾ annimmt, dass bei *latifrons* sich die Augen stets über das Niveau der Glabella erheben, so ist dies nach meinen vorerwähnten Beobachtungen an Eifeler Exemplaren offenbar zu viel gesagt, und die Bemerkung von Barrande³⁾, dass die Erscheinung die gewöhnliche sei zu treffender. Dazu kommt noch, dass nicht nur die Pygidien unseres Kalkes eine Naht auf den Seitenlappen zeigen, sondern dass diese Ausbildung auch an Eifeler Exemplaren vorkommt. Unsere Exemplare stehen desshalb den Harzer Vorkommen nicht so sehr fern, ebensowenig gewisse Eifeler Exemplare mit hoher Glabella und mit Nähten auf den Seitenlappen.

¹⁾ l. c. Seite 80.

²⁾ l. c. Seite 22.

³⁾ Barr. Tril. Seite 517.

Es kommt, wie mir scheint überhaupt bei der Trennung der beiden Arten weniger auf die bisher geltend gemachten Unterschiede, wie auf das Vorherrschen der einen oder anderen Unterschiede an, denn es ist zweifellos, dass *Phacops latifrons* nicht nur in directer Linie von dem böhmischen *fecundus* abstammt, sondern dass auch gewisse charakteristische Ausbildungen des letzteren noch an mitteldevonischen Formen zu finden sind, dahin gehörten eine über die Augen hervorragende Glabella und das Vorhandensein einer Naht auf den Seitenlappen. Der einzige von mir bisher beobachtete constante Unterschied bleibt der, dass an der mitteldevonischen Form die Augen nahe der Ocipitalfurchung liegen, an der böhmischen Form auf der Mitte der Wangen.

Genus *Cheirus* Beyrich.

Cheirus gibbus Beyrich. ?

Taf. XI. Fig. 31.

Cheirus gibbus Beyrich, Böhm. Trilb. 1845. S. 16.

— — Barrande, Tril. S. 792. Pl. 40, 41, 42.

Eine nur unvollständig erhaltene etwas gedrückte Glabella mit anhängendem Stück der Wange lässt sich zwar nicht mit Sicherheit bestimmen, allein es ist sehr wahrscheinlich, dass dieser Rest von einem *Cheirus gibbus* herrührt. Die Glabella ist stark gewölbt, und vorne etwas breiter wie hinten. Die tiefen und ziemlich breiten Dorsalfurchen des nur im Kern erhaltenen Stückes divergiren nach vorne. Die vorderen Seitenfurchen stossen auf der Mitte der Glabella unter einem nach hinten gerichteten stumpfen Winkel zusammen. Die mittleren und vorderen Seitenfurchen laufen horizontal zu je einer Furche vereinigt in schwachen Bogenlinien über die Glabella. Die Stirn ist nach vorne stark gewölbt. Der erhaltene Wangentheil ist mit breiten flachen Gruben so dicht besetzt, dass zwischen denselben nur schmale Ränder bleiben, sie sind regelmässig in schiefen Reihen wie die Linsen eines Auges geordnet. Wie bereits bemerkt hat das beschriebene Bruchstück von bekannten Arten dieser Gattung die grösste Aehnlichkeit mit dem böhmischen *Cheirus gibbus*, welcher von Sandberger bereits aus dem mitteldevonischen Rotheisenstein der Grube Lahnstein bei Weilburg beschrieben wurde. Der weiter noch in Betracht kommende *Cheirus myops* A. Römer,

(non Beyrich) aus dem Harzer Mitteldevon, ist wie mir scheint weniger gewölbt, seine Glabella behält eine gleichmässiger Breite, die Grübchen auf den Wangen sind viel kleiner und die dazwischen liegenden Felder sind auch auf dem Steinkern mit Tuberkeln besetzt.

Vorkommen: Grube Hainau.

Das beschriebene Exemplar ist im Besitz des Herrn von Koenen.

Genus *Bronteus* Goldfuss.

Bronteus conf. *umbellifer* Beyr.

Taf. XI. Fig. 32—34.

Bronteus umbellifer Beyr., Böhm. Tril. S. 35. Fig. 12, 13.

— — Barr., Tril. S. 879. T. 44. F. 13—24, und Suppl. Taf. 16. F. 23.

Es ist nur der mittlere Theil des Kopfes erhalten, dessen äusserer Umriss die Form eines Kreissegmentes hat, und dessen Wölbung eine mässige ist. Der vordere Theil hat einen schmalen aufrechten Randsaum, nach den Seiten bildet sich zwischen diesem und der Glabella eine breite Fuge aus. Der Nackenring ist nicht vollständig erhalten, er ist mässig stark und flach gewölbt. Die Nackenfurche ist breit und tief, sie hat die doppelte Breite des Nackenringes. Die Glabella ist mässig gewölbt, und verflacht sich nach dem Stirnrand zu vollständig. Sie ist von sehr tiefen Dorsalfurchen begrenzt, welche nach der Stirn zu flacher werden. Die Dorsalfurchen laufen vom Nackenring aus auf eine kurze Strecke bis zur mittleren Seitenfurche der Glabella fast parallel mit der Axe. Von da ab divergiren sie mit einem Winkel von 45° in geraden Linien nach aussen, erstrecken sich bis in die Nähe des Stirnrandes und biegen dann scharf in der Richtung nach der Axe um. Durch den beschriebenen Lauf der Dorsalfurchen ist die Form der Glabella genau bestimmt, es ist eine breite Trichterform mit kurzer Spitze. Die vorderen Seitenfurchen bilden fast einen rechten Winkel zur Axe und erstrecken sich von der Dorsalfurche über den dritten Theil der Breite der Glabella. Die mittlere Seitenfurche ist bedeutend kürzer, aber verhältnissmässig tief und breit, die hintere Seitenfurche ist flach und sehr kurz. Die Enden dieser drei Furchen sind durch zwei fast parallelaufende nur wenig nach der vorderen Seitenfurche sich umbiegenden und in der Anfangsrichtung der Dorsalfurchen gelegene Depressionen untereinander verbunden. Ferner

erleidet die Glabella noch zwei schwache Querdepressionen senkrecht zur Axe, in der Fortsetzung der mittleren und hinteren Seitenfurchen. Zwischen diesen Depressionen liegt ein flacher Wulst mit einer schwachen Höckerbildung. Ein erhaltener kleiner Wangentheil erhebt sich von der Dorsalfurche aus ziemlich steil bis zur Höhe der Glabella. Ein Augenrest, welcher jedoch nicht mehr an ursprünglicher Stelle liegt, lässt eine netzförmige Structur von ausserordentlich zahlreichen Linsen in Bogenlinien geordnet erkennen. Obgleich die Schale anscheinend theilweise erhalten ist, lässt sich doch auf der Oberfläche keine Spur weder von Granulation noch Streifung bemerken.

Unsere Exemplare sind in allen Stücken vollständig mit dem böhmischen *Bronteus umbellifer* übereinstimmend, nur mit dem Unterschied, dass der mittlere Theil der Glabella ausser einer schwachen Depression in der Höhe der mittleren Seitenfurchen eine zweite stärkere in der Höhe der hinteren Seitenfurchen hat, zwischen welchen beiden Depressionen ein flacher Wulst mit einem mittleren Höckerchen liegt. Der böhmische *umbellifer* hat nur eine schwache Depression in der Höhe der mittleren Seitenfurchen. Auch hat die rheinische Form einen glatten Nackenring, der der böhmischen Form hat einen Tuberkel auf der Mitte. Das Fehlen einer Granulation oder Streifung an unseren Exemplaren lässt sich möglicherweise auf deren Erhaltungszustand zurückführen. Zu dieser Art gehört wahrscheinlich ein unvollständig erhaltenes *Pygidium*, welches nahe dem grösseren Kopf gefunden wurde, und nach seinen Dimensionen möglicherweise demselben Individuum angehört hat.

Das *Pygidium* ist breiter wie lang, die Axe erhebt sich nur wenig über die Fläche und liegt ein wenig eingesenkt. Der mittlere Theil des *Pygidium* ist mässig convex erhaben, während das letzte Drittel bis zum Aussenrand etwas niedergedrückt ist, die Randfläche selbst eine horizontale Lage hat. Die Axe ist verhältnissmässig klein, kürzer wie breit und anscheinend ungetheilt. Zwischen *Articulationsreif* und Axe liegt eine schwach nach unten convex gebogene Furche. Die mittlere breite Rippe scheint von der Axe durch keine Furche getrennt, ob dieselbe sich spaltet ist nicht zu ersehen. Auf jeder Seite der Mittelrippe liegen sieben schmalere flache Rippen, welche von der Axe aus an Breite zunehmend sich bis zum Rand erstrecken und in dessen Nähe vollständig verflachen. Die zwischenliegenden Furchen sind schmal und wenig vertieft. Auch diese nehmen nach dem Rand an Tiefe ab und an Breite zu, erreichen aber nicht die Breite der Rippen. Es ist nur der Kern erhalten, welcher keine Spur von Granulation oder Streifung zeigt.

Bronteus foedus n. s.

Taf. XI. Fig. 35, 36.

Die zu beschreibenden Reste bestehen aus nicht mehr vollständig erhaltenen Kopftheilen. Der äussere Umriss des Kopfes bildet eine halbe Ellipse, die Breite ist ein wenig grösser wie die Länge. Der innere Umriss des Kopfes bildet, soweit derselbe erhalten, die Ecken sind nämlich abgestossen, eine gerade Linie.

Der Kopf ist im Ganzen sehr flach, er steigt im Längsprofil vom Occipitalrand bis etwas über die Mitte wenig an und senkt sich dann in flachem Bogen bis zur Stirn. Im Querprofil ist der Kopf schwach gebogen, über den Bogen erheben sich hügelartig die grossen Augen. Die Backenecken sind nicht vollständig erhalten, scheinen aber gerundet gewesen zu sein. Der Occipitalring ist breit und flach, nach hinten ein wenig ansteigend, die breite und flache Occipitalfurche hat einen schwachen Wulst in jeder Ecke, der Wulst ist wenig länger wie breit. Der Stirnrand, welcher einen flachen Bogen bildet, ist von einem schmalen nach oben gerichteten Saum eingefasst. Hinter dem Saum liegt eine schmale Furche, die Seitenränder sind schwach nach oben gebogen. Die Dorsalfurchen beschreiben vom Occipitalrand aus bis über die Nackenfurche einen nach aussen schwach concaven Bogen, indem sie sich bis zur Basis der Glabella ein wenig nähern, dann divergiren sie stark in einem flachen Bogen bis zum Rand, in dessen Nähe sie in kleinem convexen Bogen nach der Stirn umbiegen. Die Glabella hat zwei schwache Seitenfurchen. Diese bestehen aus breiten flachen Depressionen, welche sich nicht bis zur Mitte der Glabella ausdehnen. Die hintere Seitenfurche umgrenzt mit der Occipitalfurche den schmalsten Theil der Glabella, welcher sich zum breitesten Theil in der Nähe der Stirn wie 2 : 5 verhält. Ueber dieser Seitenfurche zeigt sich auf der Glabella am Rand der Dorsalfurche auf jeder Seite die Spur eines abgebrochenen Höckers oder Stachels. Die vorderen Seitenfurchen bilden schwache Depressionen, welche parallel dem Stirnrand verlaufen, aber auch nur seitlich entwickelt sind und von beiden Seiten aus sich auf weniger wie $\frac{1}{3}$ der Glabella ausdehnen. Die mittlere grössere Fläche der Glabella ist frei von Furchen. Der Palpebralfügel ist schmal und bildet eine wulstige, nach aussen schwach concave, längliche Fläche, deren grösste Höhe in der Rundung des Auges liegt. Der obere Rand des Auges erhebt sich über die höchste Wölbung der Glabella. Das Auge liegt ziemlich nahe

der Occipitalfurchen, ist sehr gross und auf der äusseren Seite von einer schmalen aber tiefen Furchen umgrenzt. Die Augenfläche ist nach allen Seiten wulstförmig gerundet. Die Facetten liegen in spitz gegeneinander laufenden Reihen, sie sind ausserordentlich klein und ihre Zahl ist schwer zu bestimmen. Nach einer Schätzung kann man etwa 3000 Facetten annehmen, wenn man 70 Reihen mit je 40 Facetten durchschnittlich annimmt, welche Zahlen wahrscheinlich hinter der Wirklichkeit noch zurückbleiben.

Die Wangen fallen von den Augen aus nach allen Seiten in flacher Wölbung ab, der Vorderflügel derselben biegt sich etwa in der Mitte in flach concavem Bogen um, wodurch der Seitenrand ein wenig über die Fläche erhoben wird.

Eine dünne Schalendecke ist nur auf einem Theil der Glabella erhalten. Sie hat mit dem Stirnrand parallel laufende unregelmässige, wie aus freier Hand gezogene runzelige Faltenlinien, welche am Rand sehr fein sind und dicht gedrängt stehen, je weiter sie sich vom Rand entfernen, gröber werden und weiter auseinander liegen. Auf den Linien liegen zerstreut einige erhabene Punkte. Da wo die Schalendecke fehlerhaft ist die Oberfläche glatt und nur mit einer grossen Zahl starker Knoten bedeckt. Man beobachtet sie auf der Glabella, den Palpebralfügeln und den Wangen. Am dichtesten stehen sie auf den inneren Theilen des Kopfes, nach dem Aussenrand nimmt die Zahl und Stärke derselben stetig ab, so dass sie schliesslich nur noch in Entfernungen von 1 mm auftreten. Auf der inneren Schalenfläche bilden diese Karten und Knötchen correspondirende Vertiefungen. Die untere Fläche des Kopfes, welche zum Theil bloss gelegt werden konnte, bildet im Querprofil einen gewölbten Bogen, welcher in der Mitte der Höhe der Glabella gleich kommt, während die Seiten rasch verflachen. Im Längsprofil ist die untere Fläche nach der Stirn zu etwas gewölbter wie die obere. Mit dem Stirnrand parallel läuft in einem Abstand von 1 mm ein schmaler fadenförmiger Saum, ausserdem ist die ganze untere Fläche mit äusserst feinen linearen Streifen bedeckt, welche parallel dem Stirnrand verlaufen und im Gegensatz zu den etwas unregelmässigen Streifen der oberen Fläche gerade gezogene Linien bilden. Das Pygidium dieser Art ist nicht bekannt. Zur Grösse des Kopfes passende Bruchstücke sind wohl gefunden worden, welche auf eine ziemlich flache nur um die Axe gewölbte Form mit etwa 14 Rippen schliessen lassen. Das bis jetzt erhaltene Material reicht jedoch nicht aus eine vollständige Beschreibung liefern zu können.

Zwei schlecht erhaltene Exemplare auf der Grube Hainau gefunden.

Bemerk. Aus der Eifel ist zwar eine grössere Zahl von Bronteus-Arten bekannt, aber nur unvollständig. Mit den bekannten Köpfen des *Bronteus flabellifer* oder *Bronteus signatus* lässt sich unsere Art nicht vereinigen, dagegen zeigt dieselbe ausserordentlich grosse Aehnlichkeit mit dem böhmischen *Bronteus Brongniarti* Barr. Beide Arten haben nämlich eine für die Gattung ungewöhnliche Grösse der Augen gemein, dann ist die Form der Glabella ziemlich übereinstimmend, wie es scheint auch der äussere Umriss und die eigenthümlichen feinen Faltenlinien der Schale; allein abgesehen davon, dass unsere Köpfe nicht vollständig erhalten sind, indem die Ecken fehlen, bestehen doch Verschiedenheiten genug, welche unsere Form nicht mit der böhmischen Art identificiren lassen.

Die Unterschiede bestehen darin, dass *Br. Brongniarti* einen stark gewölbten Kopf hat, unsere Form einen flachen, an letzterer sind die Dorsalfurchen nicht so stark ausgeschweift und in Folge dessen ist der Stirnrand der Glabella schmaler, die Palpebralfügel sind breiter, die Seitenfurchen bilden breite Depressionen. Auch scheint in der Structur der Schale keine Uebereinstimmung zu bestehen. *Barrande* hat nämlich an der Schale der böhmischen Art kleine, Nadelstichen ähnliche Höhlungen auf dem hinteren Theil der Glabella beobachtet, welche nach dem Rand zu sich an Zahl vermindern und zwischen welchen die oben erwähnten feinen Faltenlinien auftreten, welche am äusseren Rand feiner und dichter werden. Es mag sein, dass diese Höhlungen in Folge des Erhaltungszustandes unserer Exemplare nicht zu beobachten sind, allein jedenfalls fehlen der böhmischen Art die sowohl auf dem Kern, wie auch etwas weniger stark auf der Schale vorhandenen Knoten unserer Art.

Die erwähnten Verschiedenheiten sind zahlreich genug, um in den rheinischen und böhmischen Formen verschiedenen Arten erkennen zu lassen.

Bronteus geminatus n. s.

Taf. XI. Fig. 37, 38.

Es sind nur zwei unvollständig erhaltene Pygidien gefunden worden, trotzdem soll eine Beschreibung derselben folgen, weil sie einer bisher unbekannten Art angehören. Der nicht vollständig erhaltene Umriss ist halbkreisförmig, von gleicher Länge wie Breite. Die Oberfläche ist nur unbedeutend gewölbt. Die Axe liegt ein wenig vertieft, eine schwache Wölbung erstreckt sich nur bis zur Mitte des Pygidium, von da senkt sich die Oberfläche in

sehr flachem Bogen bis in die Nähe des Randes, welcher wenig nach oben gebogen ist. Die Axe ist kurz, ein wenig breiter wie lang, mässig gewölbt und von einer Furche umgeben. Zwei Rinnen theilen dieselbe in drei ungleiche Theile, der mittlere Theil hat mehr wie die doppelte Breite eines der Seitentheile. Ein Articulationsreif ist vorhanden. Die gegen die übrigen etwas stärkere Mittelrippe steht mit dem mittleren Theil der Axe in Verbindung, sie spaltet sich schon in der Mitte ihrer Länge in zwei weitaus-einander stehende Theile. Die Zahl der Rippen scheint auf jeder Seite sieben zu betragen, sie sind mässig gewölbt und nehmen bis zum Rand nur wenig an Breite zu. Schon in der Nähe der Axe schieben sich zwischen diese Rippen schwächere ein, welche weder die Breite noch die Wölbung der Haupt-rippen erlangen. Sämmtliche Rippen erstrecken sich fast unmittelbar bis zum Rand. Eine Körnelung ist nicht wahrzunehmen. Der Abdruck der hinteren Fläche zeigt feine concentrische Streifen, welche sich nach dem Rand zu immer dichter folgen. Die Massverhältnisse lassen sich nicht genau angeben. Die beigegebenen Abbildungen geben die natürliche Grösse an.

Grube Rothe Erde.

Bemerk. Die Eigenthümlichkeit der beschriebenen Art besteht in dem Auftreten von Secundärrippen, oder der ungleichen Ausbildung der Rippen in Bezug auf Höhe und Breite. Weder von böhmischen noch von mitteldevonischen Formen ist mir eine derartige Ausbildung bekannt.

Allgemeine und specielle
Betrachtungen und Folgerungen.

Die Beziehungen der Fauna unseres Kalkes zu ähnlichen Faunen anderer Gegenden.

Es muss als eine Eigenthümlichkeit der Fauna unseres Kalkes die That-
sache angesehen werden, dass eine grössere Zahl silurischer oder dem böhmischen
Becken eigenthümlicher Arten sich mit mitteldevonischen Formen vereinigt
finden, ohne dass man versucht sein könnte, das mitteldevonische Alter der
Fauna in Zweifel zu ziehen. Nicht nur, dass mitteldevonische Formen vor-
herrschten, es findet sich auch eine gewisse Zahl bis in den Kohlenkalk
gehender, ja dort erst ihre grösste Entwicklung erreichender Formen mit
böhmischen Arten vereinigt. Die Vorstellung, dass diese mehreren Entwicke-
lungsperioden angehörenden Formen verschiedene Zonen unseres Kalkes bilden
und die Fauna wenigstens in ältere und jüngere Stufen sich gliedern lassen
könne, ist vollständig durch die Thatsache ausgeschlossen, dass das Vorkommen
aller beschriebenen Arten auf einen verhältnissmässig kleinen Raum beschränkt
ist und im kleinsten Versteinerungen enthaltenden Bruchstück Arten älterer
und jüngerer Formationen unmittelbar nebeneinander liegend gefunden worden
sind. Bei dieser Ausnahmestellung unseres Kalkes zu anderen mitteldevonischen
Kalken liegt der Wunsch nahe, die Beziehungen seiner Fauna zu den ent-
sprechenden Faunen anderer Gegenden ein wenig eingehender kennen zu
lernen und soll in den nachfolgenden Abschnitten ein Versuch in der Weise
gemacht werden, dass zunächst eine vergleichende Zusammenstellung in Bezug
auf die Ausbildung der verschiedenen Arten und dann eine Untersuchung
über die Vertheilung derselben in anderen Gegenden vorgenommen werden soll.

Die vergleichende Untersuchung wird sich erstrecken in Bezug auf das
Vorkommen silurischer und böhmischer Formen, auf

- 1) das böhmische Becken,
- 2) den Kalk bei Greifenstein,
- 3) das Harzer Hercyn Kayser's.

In Bezug auf das Vorkommen mitteldevonischer Formen, auf

- 1) die Eifel,
- 2) Belgien und Frankreich,
- 3) Spanien,
- 4) England.

Die nachfolgenden Mittheilungen können keinen Anspruch darauf machen, die aufgeworfenen Fragen erschöpfend behandelt zu haben, dazu würde ein Vergleichsmaterial gehören, wie es mir nicht zu Gebot steht, immerhin möchten insbesondere die Untersuchungen über das Vorkommen und die Verbreitung bestimmter Arten in den in Vergleich gezogenen Gegenden nicht ohne Interesse sein.

1. Vergleichende Untersuchungen der Fauna unseres Kalkes mit der Fauna des böhmischen Beckens.

Der Eifeler Kalk enthält bekanntlich eine gewisse Anzahl böhmischer Arten, theils in identischer, theils in ähnlicher Ausbildung, und unter diesen Formen stehen in Bezug auf Häufigkeit in erster Linie die Brachiopoden, dann folgen die Trilobiten u. s. w. Die gegenseitigen Beziehungen der beiden Faunen sind schon wiederholt Gegenstand vergleichender Untersuchungen gewesen und sei an dieser Stelle nur an diejenigen von Barrande¹⁾ in Bezug auf die Brachiopoden der Eifel erinnert. Barrande findet bei 23 Arten gegenseitige Beziehungen, und zwar Identität bei vier Arten, Varietäten desselben Typus und Analogien bei 19 Arten.

Vergleichen wir nun die Fauna unseres Kalkes mit derjenigen des böhmischen Beckens, so finden wir auf der rechten Rheinseite noch viel engere Beziehungen zur böhmischen Fauna. Diese Erscheinung steht offenbar in innigem Zusammenhang mit den mächtigen Ablagerungen der Orthoceraschiefer und dem Auftreten des Greifensteiner Kalkes in unserem Gebiet, deren Faunen hier nicht in Betracht gezogen werden sollen, sondern nur erwähnt, um daran zu erinnern, dass soweit wenigstens bis jetzt Aufschlüsse vorliegen, die Fauna des böhmischen Beckens ihre Weiterentwicklung vorzugsweise auf der rechten Rheinseite gefunden hat. Diese Weiterentwicklung zeigt sich auch in der Fauna unseres Kalkes, sie lässt sich bis ins Oberdevon der rechten Rheinseite in die Kalke von Oberscheld verfolgen.

Umfassende Arbeiten über die Coelenteraten des böhmischen Beckens sind zur Zeit noch nicht erschienen, ebensowenig über die Bryozoen und Gastropoden. Es war mir deshalb nicht möglich die Arten dieser Tier-

¹⁾ Barrande, Brachiopodes. Et. loc. 1879. S. 326.

klassen in Betracht zu ziehen. Vergleichende Mittheilungen über einzelne Capuliden verdanke ich der Güte des Herrn Barrande, und haben diese bei Beschreibung der Arten an den betreffenden Stellen ihren Platz gefunden, ebenso wurden vergleichende Bemerkungen über Brachiopoden, Lamellibranchiaten und Trilobiten unseres Kalkes bereits der Beschreibung der Arten beigelegt, diese sollen jetzt übersichtlich zusammengestellt und ergänzt werden.

Vergleichende Uebersicht der Arten.

a. Brachiopoden.

1. *Chonetes embryo* Barr. ? *Chonetes embryo* Barr.
 S. 132. T. V. F. 2. l. c. T. 46, VII.

Die Formen sind vollständig übereinstimmend, bis auf die röhri- gen Stacheln, welche der Hainauer Form fehlen, und ohne welche eine Identität der Formen mit Sicherheit nicht festgestellt werden kann.

2. *Orthis striatula* Schloth. *Orthis praecursor* Barr.
 S. 133. T. V. F. 3, 4. l. c. T. 58, 61.

Für unsere Exemplare, welche in Grösse und Form mit den Harzer Vorkommen aus dem Klosterholz¹⁾ vollständig übereinstimmen, gelten auch die Unterschiede, welche Barrande²⁾ gegenüber den letzteren für die böhmische Art geltend macht, nämlich die sehr niedrige Area, die sehr feine concentrische Streifung, und die Verschiedenheit der Muskeleindrücke.

3. *Orthis canalicula, var. acuta* Maur. *Orthis neglecta* Barr.
 S. 136. T. V. F. 6, 7. l. c. T. 58, 61.

Die Varietät *acuta* wurde von der typischen *canalicula* Schnur's aus- geschieden, weil sie durch schärfere Rippenbildung ausgezeichnet ist und darin der böhmischen *neglecta* ausserordentlich nahe steht. Sie könnte mit dem- selben Recht als eine Varietät der letzteren angesehen werden, von weleher sie sich nur darin unterscheidet, dass die Ventralschale ohne Sinus ist, die beiden Areen hoch, die Schnäbel abstehend, resp. vorstehend sind. Gemein- sam ist beiden Formen die scharfe, bündelförmige Rippenbildung, die Schärfe der Kanten, die zahlreiche Anwachsstreifung.

¹⁾ Kayser, Harz. S. 188. T. 28. F. 9, 10.

²⁾ Barrande, Et. loc. S. 306.

4. *Orthis elegantula* Dalm?

S. 138. T. V. F. 9.

Orthis elegantula Dalm.

l. c. Pl. 65.

Die Kerne haben eine so vollkommen übereinstimmende, für die Art charakteristische Ausbildung, dass, obwohl nur die Muskeleindrücke erhalten sind, doch an der Identität der Formen eigentlich nicht zu zweifeln ist. Vielleicht ist an unseren Exemplaren der Wulst der Ventralschale ein wenig mehr vortretend, dagegen scheinen die mittleren Depressionen der Dorsalschale vollständig übereinstimmend zu sein.

5. *Strophom. interstitialis* Phill.

S. 144. T. V. F. 17.

Strophom. Philippsi Barr.

l. c. Pl. 43, 53, 110, 128.

Barrande¹⁾ war die grosse Aehnlichkeit der beiden Formen nicht entgangen, er vereinigte sie jedoch nicht, weil die devonische Form sich durch eine flache Bauchschele auszeichne. In seinen späteren Studien zu den Brachiopoden 1879²⁾ lässt er die Frage offen. Kayser³⁾ glaubt beide Formen vereinigen zu müssen. Das mir zu Gebote stehende Material reicht nicht aus, um die Beziehungen unserer Formen zu der böhmischen Art feststellen zu können. Für die Vereinigung der böhmischen und mitteldevonischen Art spricht der Umstand, dass erstere eine grosse verticale Verbreitung hat, — sie findet sich von e² bis g¹ — und schon in Böhmen nicht unbedeutende Schwankungen sowohl in Bezug auf Unriss, wie Ausbildung der Rippen zeigt, und in solchen Fällen bei anderen Arten eine Identität nicht beanstandet wird.

6. *Strophom. rhomboidalis* Wahl.

S. 147. T. V. F. 22—25.

Strophom. rhomboidalis Wahl.

l. c. Pl. 41, 55, 92.

Repräsentanten der typischen subquadratischen Form des Mitteldevon sind unter den zahlreichen Abbildungen böhmischer Formen bei Barrande nur wenige zu finden. Zu letzteren gehört das Exemplar auf Pl. 41. F. 25 aus e². Dieses hat auch die grösste Aehnlichkeit mit dem einen grösseren Exemplar aus der Grube Hainau (T. V. F. 25). Auch die übrigen Formen unseres Kalkes sind denen aus e² analog, so das kleine auf T. V. F. 22, der böhmischen Abbildung auf Pl. 41. F. 19, beide klein, mit ausgeschweiften Ecken und ohne Schleppe, ferner das Exemplar auf T. V. F. 23 dem böhmi-

¹⁾ Nat. Abh. 1847. S. 226.²⁾ l. c. 344.³⁾ Kayser, Harz. S. 193.

schen auf Pl. 92. F. 2, ausgezeichnet durch das gebogene Schlossfeld, den gerundeten Umriss und das Fehlen der Schleppe. Während der Umriss der Eifeler Vorkommen dieser Art selten von der subquadratischen Form abweicht, zeigen unsere Exemplare gleich den böhmischen in ihren Umrissen eine grössere Mannigfaltigkeit.

7. *Strophom. porrigata* Maur.
S. 148. T. VI. F. 1.

Strophom. insolita Barr.
l. c. Pl. 52, 1.

Beide Formen stehen sich offenbar sehr nahe. Sie sind beide durch Schleppen und eine sehr feine Längsstreifung der Oberfläche ausgezeichnet. Allein eine Identität ist doch ausgeschlossen, 1) weil der Umriss nicht übereinstimmend ist. Die böhmische Form ist länger wie breit, die Schleppe in stumpfem Winkel umgebogen, die rheinische Form bedeutend breiter wie lang, mit einer rechtwinkelig umgebogenen Schleppe; 2) fehlt der böhmischen Art die scharfe, von einer Falte begleiteten Schleppenkante; 3) fehlen der rheinischen Art die feinen concentrischen Streifen der Oberfläche der böhmischen Art.

8. *Strophom. conf. pecten* Linné sp.
S. 150. T. VI. F. 3.

Strophom. pecten Linné sp.
l. c. Pl. 51, III.

Der Umriss der Gehäuse scheint ein verschiedener zu sein, die ausgegeschweiften Ecken der böhmischen Art fehlen der rheinischen, auch hat letztere ungleich starke Rippen.

9. *Leptaena transversalis* Wahl. sp.?
S. 152. T. VI. F. 4, 5.

Leptaena transversalis Wahl. sp.
l. c. Pl. 50, II.

Die hier gefundenen Bruchstücke sind nicht vollständig erhalten, scheinen aber der böhmischen Ausbildung der *transversalis* sehr nahe zu stehen. Die Schalenbeschaffenheit ist übereinstimmend. In der Ausbildung des Steinkernes dagegen zeigt sich eine Verschiedenheit darin, dass die Muskeleindrücke der kleinen Schale der böhmischen Form aus gekrümmten Längsplättchen bestehen, während die Muskeleindrücke der rheinischen Form keilförmig gebildet sind.

10. *Spirifer Urii* Flem.
S. 155. T. VI. F. 12—14.

Spirifer Urii Flem.
l. c. Pl. I. F. 9, 10.

Der grösste Theil unserer Exemplare hat mit der böhmischen Form die glatte Schale gemeinsam, dagegen fehlt ihnen der Wulst der Dorsalschale.

Uebrigens scheinen nicht alle böhmischen Exemplare einen Wulst auf der Dorsalschale zu besitzen, wie die Abbildung bei Barrande auf T. 1. F. 10 zeigt, welche anscheinend eine schwache Depression in der Stirngegend hat, und wird man wohl die böhmischen, oder wenigstens einen Theil derselben und die Waldgirmeser Formen als identische bezeichnen können. Auf die verschiedenen Abänderungen des Spirifer Urii wird bei der Vergleichung unserer Vorkommen mit denen aus dem Kalk bei Greifenstein zurückzukommen sein.

11. *Spirifer indifferens var. obesa* Barr.? *Spirifer indifferens var. obesa* Barr.
 s. 157. T. IV. F. 17. l. c. T. III. F. 6.

Die böhmische Hauptform ist zwar nicht in unserem Kalk gefunden worden, allein eine, soweit der Erhaltungszustand eine sichere Bestimmung zulässt zu der Varietät *obesa* zu zählende Form. Wie bereits bei Beschreibung unserer Form erwähnt wurde, zeigt dieselbe eine grössere Aehnlichkeit mit dem von Barrande auf P. XVI. F. 5 1847 abgebildeten Exemplar, wie mit dem in seinem neueren Werk auf P. III. F. 6 wiedergegebenen, welches letztere eine stärker bewölbte Dorsalschale hat. Für die Wahrscheinlichkeit, dass unsere Muschel unter die böhmische Art gehört spricht noch der Umstand, dass die folgende *var. elongata*, welche dem Greifensteiner Kalk angehört, auch in unserem Kalk gefunden worden ist.

12. *Spirifer indifferens var. elongata* Maur. *Spirifer indifferens* Barr.
 s. 158. T. VI. F. 18. l. c. Pl. III. F. 4—7.

Die als *var. elongata* bezeichnete Form wurde zuerst im Greifensteiner Kalk neben dem typischen *indifferens* gefunden. Wenn die Muschel aus der Grube Rothe Erde auch nicht vollständig mit der Greifensteiner Ausbildung übereinstimmt, so bringt der Unterschied, — mehrere schwache Rippen auf den Seiten — unsere Form gerade wieder in nähere Beziehung zu der böhmischen Art, resp. deren Varietät *transiens* (Barr. P. 3. F. 8—10), welche durch dieselbe Rippenbildung ausgezeichnet ist.

13. *Spirifer gibbosus* Barr. *Spirifer gibbosus* Barr.
 s. 159. T. VI. F. 19—21. l. c. Pl. II. F. 7, 8.

Beide Vorkommen können als identische betrachtet werden, mit dem einen Unterschied, dass unsere Exemplare etwas kleiner bleiben. *Spirifer gibbosus* gehört ausschliesslich dem Band e' an.

14. *Spiriferina? macrorhyncha* Schnur?
S. 162. T. VII. F. 2.

Spirifer fulco Barr.
l. c. Pl. 8.

Unser Exemplar ist ein Bruchstück, und daher nicht zu eingehenden Vergleichen geeignet, es kann deshalb an dieser Stelle nur darauf hingewiesen werden, was Barrande¹⁾ in Bezug auf das gegenseitige Verhältniss der beiden Arten gefunden hat. Er hält Analogie für augenscheinlich, und Identität für wahrscheinlich.

15. *Cyrtina heteroclitia* Defr.
S. 162. T. VII. F. 3, 4.

Cyrtina heteroclitia Defr.
l. c. Pl. 8, 124.

Diese, bereits in Band e¹ auftretende, im Mitteldevon ihre grösste Entwicklung erreichende Art, welche sich in unserm Kalk ausserordentlich häufig findet, ist, wie schon oben erwähnt in mit böhmischen Formen vollständig übereinstimmenden Ausbildungen gefunden worden. Auch an den böhmischen Exemplaren des Bandes f¹ schwankt die Zahl der Falten zwischen 1 bis 6. Eine grössere Zahl scheint nicht vorzukommen.

16. *Merista passer* Barr.
S. 166. T. VII. F. 8—10.

Merista passer Barr.
l. c. Pl. 12, 14, 135.

Wie oben ausgeführt wurde scheint eine Identität der beiden Vorkommen zweifellos zu sein, indem nicht nur die äussere Form charakterisirt durch ihre Rippenbildung vollständig übereinstimmt, sondern auch der innere Bau, soweit er bekannt keine Unterschiede zeigt.

17. *Merista prunulum* Schnur.
S. 167. T. VII. F. 11, 12.

Merista Herculea Barr.
l. c. Pl. 10, 13.

Gewisse, mehr in die Breite gehende Exemplare der *M. prunulum* unseres Kalkes sind in der äusseren Form von *M. Herculea* nicht zu unterscheiden. Der Erhaltungszustand unserer Exemplare gestattet eine Untersuchung des inneren Baues nur in soweit, als an angewitterten Exemplaren der zwischen den Zahnstützen und ihrer Verbindungsleiste gelegene Theil des Gehäuses leicht zu entfernen ist. An Eifeler Exemplaren dieser Art ausgeführte Längsschnitte zeigten, dass die Stützen der Ventralschale etwas stärker, diejenigen der Dorsalschale dagegen weniger stark entwickelt sind, wie an der *M. Herculea*. Wenn man weiter in Betracht zieht, dass die mitteldevonische Form

¹⁾ Barrande, Et. loc. 1879. S. 343.

mehr in die Länge, die böhmische mehr in die Breite wächst, so kann man wohl Analogie annehmen, aber keine Identität.

18. *Merista Hecate* Barr.

S. 169. T. VII. F. 13, 14.

Merista Hecate Barr.

l. c. Pl. 12, 93 u. s. w.

Die äussere Form und die an einzelnen unserer Exemplare zu beobachtende radiale Streifung der Schale, bedingt durch die blättrige Structur derselben, sind mit der böhmischen Art vollständig übereinstimmend und die Identität der beiden Vorkommen wohl zweifellos.

19. *Meristella Circe* Barr.

S. 170. T. VII. F. 16, 17.

Meristella Circe Barr.

l. c. Pl. 15, 14, 142.

Eine mit *Mer. tumida* übereinstimmend gehaltene Form wurde mir, wie bereits oben erwähnt, von Barrande als eine solche bezeichnet, welche sich mit gewissen Vorkommen der *Mer. Circe* aus dem Band e² vereinigen lasse. Bei Bestimmung und Vergleich sich so nahe stehender Arten, wie die *tumida* und *Circe*, ist eine solche Mittheilung ganz unschätzbar. Und in der That unterscheiden sich unsere Formen von der *tumida* durch das Fehlen der schwachen Einsenkung auf der Mitte der ausserdem noch öfter mit einem schwachen Wulst versehenen Dorsalschale und die vorherrschende Länge des Gehäuses. Die mir zum Vergleich vorliegenden Exemplare der *Mer. Circe* aus dem Band e² von Kožel sind mit den kleineren Exemplaren unseres Kalkes vollständig übereinstimmend, während die grösseren etwas flacher sind und einen weniger abgelenkten Stirnrand haben. Ein etwas mehr in die Breite gehendes Exemplar mit schwachem Wulst der Dorsalschale lässt sich mit der Abbildung auf Pl. 15, F. 4 aus f² von Konieprus vergleichen.

20. *Meristella upsilon* Barr.

S. 172. T. VII. F. 18, 19.

Meristella upsilon Barr.

l. c. Pl. 16, 114, 136.

Zwischen der rheinischen und böhmischen Ausbildung dieser Art bestehen keine Unterschiede. *Meristella upsilon* ist in Böhmen auf das Band e² beschränkt.

21. *Whitfieldia tumida* Dalm.

S. 174. T. VII. F. 23.

Meristella tumida Dalm.

l. c. Pl. 11.

Unsere Exemplare, welche, soweit sie erhalten, unter sich vollständig gleich ausgebildet sind, entsprechen denjenigen Vorkommen aus dem Band e², welche sich durch vorherrschende Breite und tiefen randlichen Sinus aus-

zeichnen (vergl. Barr. Pl. 11. F. 11); nur ist die Höhe etwas geringer. Allein da auch Formen mit verhältnissmässig geringer Höhe sich in Böhmen finden, wie die Abbildungen auf Pl. 11. F. 4 zeigen, liegt keine Veranlassung vor, unsere Form von der typischen zu trennen. *Whitfieldia tumida* ist in Böhmen auf das Band e² beschränkt.

22. *Retzia submelonica* n. s.

S. 176. T. VII. F. 26.

Retzia melonica Barr.

I. c. Pl. 13, 141.

Die rheinische Form hat einen vorne und hinten gleichmässig gerundeten Unriss, während die böhmische Art sowohl an der schmaleren wie an der breiteren Abänderung vorne spitz zuläuft. Ferner sind an ersterer Form die radialen Streifen viel feiner und zahlreicher wie an der böhmischen. Da unser einziges Exemplar mit keinem der zahlreichen Exemplare von Konieprus, welche zum Vergleich dienen, übereinstimmt, so ist eine Vereinigung der beiden Vorkommen nicht möglich, aber mit der Bezeichnung *submelonica* die nahe Beziehung unseres Exemplares zu der böhmischen Art zum Ausdruck gebracht.

23. *Atrypa reticularis* Linné.

S. 180. T. VII. F. 30—37.

Atrypa reticularis Linné.

I. c. Pl. 19, 109, 132, 135.

Einer Art, welche eine so eminente horizontale und verticale Verbreitung hat wie die *Atrypa reticularis*, sind auch immer mehr oder weniger grosse Formschwankungen eigen. Diese vertheilen sich nicht nur auf verschiedene geologische Abschnitte, sondern finden sich auch öfter in gleichem Niveau und an gleicher Lagerstätte. Ein Beweis dafür ist, dass nicht weniger wie sieben Bezeichnungen verschiedener Autoren, unter welchen theils selbstständige Arten, theils Varietäten verstanden wurden, für die verschiedenen Abänderungen unseres Kalkes angeführt worden sind.

Von diesen Abänderungen sind nicht alle im böhmischen Becken vertreten, dort fehlen die Varietäten *explanata* und *plana*. Am häufigsten ist in Böhmen die typische Form und die *aspera* vertreten. Erstere beispielsweise durch die Abbildungen bei Barrande auf Pl. 19. F. 3 und 8. Die Abbildung Fig. 2 aus dem Band f² von Konieprus, welche sich durch einen schmalen zungenförmig eingreifenden Sinus der Ventralschale auszeichnet, ist in unserem Kalk in gleicher Ausbildung gefunden worden, nur fehlen der böhmischen Form die schuppigen Anwachsstreifen (vergl. T. VII. F. 30). Die kleinere *aspera* des Bandes e² auf P. 19. F. 14 ist in unserem Kalk durch mehrere Exemplare vertreten (vergl. T. VII. F. 35, 36). Dagegen kommen im

böhmischen Becken auch Ausbildungen vor, welche unserem Kalk fehlen. Dahin gehören die Formen auf Pl. 109 aus dem Band e², welche sich durch gedrungenere hohe Gestalt auszeichnen.

Was den inneren Bau, beziehungsweise die Muskeleindrücke auf den Kernen einzelner Exemplare unseres Kalkes im Vergleich zu den böhmischen Kernen betrifft, so zeigen zwar letztere nach den Abbildungen bei Barrande auf P. 109 und 132 kleine Verschiedenheiten mit denen unseres Kalkes, diese sind jedoch nicht grösser wie die böhmischen unter sich und würden sich unsere Kerne ganz gut unter die böhmischen einreihen lassen.

24. *Atrypa Eurydice* Barr.
S. 185. T. VIII. F. 1.

Atrypa Eurydice Barr.
I. c. Pl. 85, II.

Bei Beschreibung unserer Exemplare konnte festgestellt werden, dass ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen und der böhmischen Form nicht besteht. An den rheinischen Formen sind die Rippen ein wenig zahlreicher.

25. *Atrypa Philomela* Barr.
S. 186. T. VIII. F. 2.

Atrypa Philomela Barr.
I. c. Pl. 84, 134, 145.

Unsere Exemplare bleiben zwar im Ganzen etwas kleiner wie die böhmische Art, eine Erscheinung, welche sich auch bei anderen in Vergleich kommenden Arten zeigt, dagegen ist kein weiterer Unterschied in der Ausbildung zu bemerken, wie auch die Formen der Bänder e³ und f² unter sich keine Verschiedenheiten zeigen.

26. *Atrypa subcolumbella* n. s.
S. 186. T. VIII. F. 3, 4.

Atrypa columbella Barr.
I. c. Pl. 14, II.

Beide Formen stehen sich ausserordentlich nahe, zeigen aber doch wieder Verschiedenheiten genug, welche eine Identität derselben ausschliessen. Die rheinische Form hat, abgesehen von dem vorstehenden Schnabel, unter welchem immer ein dreieckiges Deltidium sichtbar ist, während an der böhmischen Form der Schnabel aufliegt, einem zwischen langoval und queroval schwan-kenden Umriss, während die böhmische Form ausschliesslich kreisrunden Umriss hat.

27. *Atrypa assula* Barr.
S. 188. T. VIII. F. 5, 6.

Atrypa assula Barr.
I. c. P. 92, 146.

Zwischen den beiden Vorkommen zeigen sich keine bemerkenswerthen Unterschiede. In unserem Gebiet kommt eine glatte Varietät vor, welche in Böhmen fehlt.

28. *Atrypa canaliculata* Barr.

S. 189. T. VIII. F. 7.

Atrypa canaliculata Barr.

l. c. Pl. 15, 145.

Diese kleine Muschel mit vorwiegend gerundet dreiseitigem Umriss hat sich hier nur in Exemplaren mit einem Sinus auf der Ventralschale gefunden, während ein solcher auf der Dorsalschale fehlt. Obgleich die böhmischen Exemplare in der Regel auf beiden Schalen mit Sinus versehen sind, so bildet Barrande (Pl. 145 III.) aus dem Band e³ auch ein Exemplar mit einem Sinus nur auf der Dorsalschale ab. Wenn darnach wohl Formen mit fehlendem Sinus der Dorsalschale in Böhmen nicht vorkommen so kann wohl dieser Unterschied hier hervorgehoben werden, aber keine Veranlassung sein die rheinische Form von der böhmischen zu trennen.

29. *Glossia obovata* Sow.

S. 191. T. VIII. F. 9, 10.

Atrypa obovata Sow.

l. c. Pl. 84, 86, 123, 135.

Die grösseren, oder vielmehr die in ihrer Grösse mit den böhmischen übereinstimmenden Exemplare unseres Kalkes sind zwar nicht vollständig erhalten, aber kleinere, mit den Vorkommen dieser Art aus dem Kalk bei Greifenstein identische, sowie mehrere Steinkerne, welche mit den böhmischen von Hlubocep (vgl. Pl. 135, VII) übereinstimmen, lassen keinen Zweifel, dass zwischen den böhmischen und rheinischen Formen keine wesentlichen Unterschiede bestehen.

30. *Rhynchonella? subcuboides* Giebel.

S. 200. T. VIII. F. 26—28.

Atrypa astuta Barr.

l. c. Pl. 18, V.

Die beiden mit verschiedenen Gattungsnamen bezeichneten Formen scheinen mir einer Art anzugehören, welche Rhynchonellenform mit einem dieser Gattung nicht zukommenden in der Spitze durchbohrten Schnabel verbindet. Neben dieser beiden Vorkommen gemeinsamen Eigentümlichkeit ist Umriss und Gestalt derselben, sowie die Rippenbildung vollständig übereinstimmend. Nach den an Steinkernen zu beobachtenden Muskeleindrücken, welche bei der Ventralklappe in einer birnförmigen Vertiefung am Buckel liegen, bei der Dorsalklappe in einem Medianseptum mit schmalen Eindrücken der Schliessmuskeln bestehen, spricht die grössere Wahrscheinlichkeit dafür, dass die Form der Gattung Rhynchonella näher steht wie der *Atrypa*.

31. *Pentamerus galeatus*.

S. 214. T. IX. F. 1—3.

Pentamerus globulosus Barr.

l. c. Pl. 24, IV.

Während die von Barrande unter *P. galeatus* zur Abbildung gebrachten Formen gerippt und unsere Exemplare dieser Art glatt sind, bezeichnet

Barrande eine glatte Form aus dem Band e⁹ (Pl. 24, IV.) als *P. globulosus*. Da die Tafeln der Brachiopoden vorerst ohne begleitenden Text ausgegeben sind, lässt sich nicht ersehen, was Barrande veranlasste, die Form als eine selbstständige zu betrachten, während sie von gewissen Ausbildungen des *P. globus* mit stark gekrümmtem Schnabel und geradem Stirnstand nicht zu unterscheiden ist. Diese letzteren Abänderungen haben sich in mehreren Exemplaren in unserem Kalk gefunden und unterscheiden sich von dem böhmischen *globulosus* im Ganzen darin, dass die Dorsalschale nicht so stark gewölbt ist. Bei mehreren kleinen Exemplaren aus dem Kalk der Grube Hainau fällt aber selbst dieser Unterschied weg, und da letztere doch nicht von den übrigen Formen des *galeatus* getrennt werden können, so scheint es mir sehr fraglich, ob in den rheinischen und böhmischen Formen verschiedene Arten erkannt werden müssen, vielmehr nur locale Abänderungen einer Art.

32. *Pentamerus buplicatus* Schnur.

S. 215. T. XI. F. 4.

Pentamerus incipiens Barr.

I. c. Pl. 119.

Barrande behandelt in seinen *Etudes locales* zu den Brachiopoden des böhmischen Beckens die gegenseitigen Beziehungen gewisser böhmischer und rheinischer *Pentameren* in dem Abschnitt *Relations entre 3 formes successives du genre Pentamerus* (S. 97). Diese 3 Formen sind *P. incipiens* Barr., *P. procerulus* Barr. und *P. acutolobatus* Sandb. Es ist mir nicht klar geworden, aus welchen Gründen Barrande den *P. buplicatus* Schnur nicht in den Bereich seiner vergleichenden Untersuchungen gezogen hat, denn letztere Form steht doch dem *P. incipiens* augenscheinlich ausserordentlich nahe. Gemeinsam ist beiden Arten die kleine gerundete bauchige Form, der mit einer mittleren Furche versehene Wulst der Ventralschale, gegenüber einem mit einem Wulst versehenen Sinus der Dorsalschale, die vorstehenden gerundeten Seitenecken. Ein Unterschied besteht nur darin, dass an der böhmischen Form die Seitenfalten ein wenig stärker entwickelt sind und am Rand mehr zickzackförmig ineinandergreifen. Diese Unterschiede treten schon weniger bei Exemplaren des *buplicatus* aus der Eifel hervor, an welchen die Seitenfalten ähnlich dem *incipiens* stärker entwickelt sind. Letzere Art existirt nur in einem Exemplar.

33. *Pentamerus acutolobatus* Sandb. *Pent. procerulus* var. *de acutolobatus* Sandb.

S. 216. T. IX. F. 5, 6.

Pl. 21. F. 14—18.

Die nahen Beziehungen dieser beiden Formen sind bei Beschreibung der Arten unseres Kalkes bereits so eingehend erörtert worden, dass hier nur das Gesagte kurz wiederholt werden soll.

Die Form von Hainau bildet gewissermassen ein Mittelglied zwischen dem böhmischen und Villmarer *acutolobatus*, indem sie Eigenthümlichkeiten beider letzteren Formen mit einander vereint. Mit der böhmischen Form gemeinsam ist die wulstförmige Erhebung der beiden mittleren Falten der Ventralschale und die feine Streifung der Oberfläche. Dagegen beginnen die Falten der böhmischen Form bereits am Buckel, während dieser an unserem Exemplar glatt ist und erst in einiger Entfernung vom Buckel die Falten beginnen. Letztere Eigenthümlichkeit besitzt auch die Villmarer Form, allein hier treten die Falten nur sehr unbedeutend vor und zeigt die Oberfläche gegenüber der Hainauer und böhmischen Form gröbere Anwachsstreifen. Die Thatsache, dass gewisse Eigenthümlichkeiten der fraglichen Formen in einander übergehen, führt zu dem Schluss, dass die böhmischen und rheinischen Formen des *acutolobatus* einer Art angehören.

34. *Pentamerus sublinguifer*.

S. 218. T. IX. F. 9, 10.

Pentamerus linguifer Sow.

l. c. Pl. 22, 24, 119.

Der böhmische *P. linguifer* ist, wie mir scheint, im Gegensatz zu den typischen Vorkommen des englischen und schwedischen Silur, welche sich durch ziemlich constante stark bauchige Form und einen zungenförmig in die Dorsalschale eingreifenden Sinus der Ventralschale auszeichnen, eine mehr variable Form, indem der Sinus der Ventralschale fast vollständig verschwinden oder gar durch einen schwachen Wulst ersetzt werden kann (vergl. P. 24. F. 3a); der Stirnrand durch eine schmale Verlängerung der Ventralschale eine ungewöhnlich starke Ablenkung nach oben erhält, an andern Exemplaren nur einen sehr flachen Bogen bildet. Diese Formschwankungen, welche den böhmischen *linguifer* von dem typischen unterscheiden, machen sich an unserer Art in noch viel höherem Mass geltend. Insbesondere möchte die für die Gattung überhaupt ganz ungewöhnlich flache Ausbildung einzelner Exemplare hervorzuheben sein. Ein weiterer Unterschied zwischen der böhmischen und rheinischen Form besteht darin, dass ein eigentlicher Sinus an letzterer nicht vorhanden, sondern durch einen eingesenkten Wulst ersetzt ist, welcher mitunter auch verschwinden kann, und nur die bogenförmige Ablenkung des Stirnrandes übrig bleibt. Die beiden von Barrande P. 24, F. 3a. P. 119. F. 10 zur Abbildung gebrachten Exemplare des böhmischen Beckens, welche an Stelle des Sinus durch einen schwachen Wulst der Ventralschale ausgezeichnet sind und damit Verbindungsglieder mit der rheinischen Form werden, gehören dem Band g' an.

35. *Stringocephalus Burtini* Deff.
S. 221. T. IX. F. 13, 14.

Stringocephalus bohemicus Barr.
l. c. P. 83, IV.

Von der böhmischen Art existirt nur ein unvollständig erhaltenes Exemplar mit abgebrochener Schnabelspitze, der Schnabelstumpf ist übergebogen und lässt nur wenig Raum für ein Schlossfeld. Unsere Exemplare zeigen sämtlich den charakteristischen mitteldevonischen Bau dieser Art, einen lang ausgezogenen Schnabel mit gekrümmter Spitze und darunter ein sehr hohes Schlossfeld, sie unterscheiden sich demnach von dem böhmischen Exemplar genau in derselben Weise wie die typische mitteldevonische Form.

b. Gastropoda.

Eine Bearbeitung der böhmischen Gastropoden ist zwar noch nicht veröffentlicht, allein in Bezug auf das Verhalten der Gastropoden unseres Kalkes zu denen des böhmischen Becken bin ich in der glücklichen Lage von Barande seiner Zeit vergleichende Bemerkungen erhalten zu haben, welche an dieser Stelle wieder gegeben werden sollen.

1. *Capulus immersus* Barr.
S. 237. T. X. F. 9, 10.

Capulus immersus Barr.

„L'identité pouarait être admise avec la forme de f², qui est plus épaisse. Celle de e² est relativement beaucoup plus mince et même étranglée dans une des variétés. Il y a des transitions.“

Darnach können unsere Exemplare und die böhmischen zu einer Art gehörend betrachtet und vorkommende Verschiedenheiten nur als locale angesehen werden.

2. *Capulus conf. emarginatus* Barr.
S. 238. T. X. F. 11, 12.

C. emarginatus Barr.
Pl. 4, 28.

„Ces spécimens se rapprochent de *C. emarginatus*, qui est caractérisé par 2 échancrures sur les bords de l'ouverture. On n'en voit aucune trace sur vos 2 spécimens. Cette espèce n'est pas très rare dans f¹ Konieprus.“

Die rheinische und böhmische scheint sich darnach nur darin zu unterscheiden, dass letztere an der Mündung zwei seitliche Einbuchtungen hat, welche unseren Exemplaren fehlen, es kann daher nur Aehnlichkeit der Formen angenommen werden.

3. *Capulus conf. hamulus* Barr.?
S. 238. T. X. F. 13.

C. hamulus Barr.

„Sans teste—forme aplatie se rapproche de certaines variétés de *C. hamulus* Barr. = rostratus, nom déjà employé par Eichwald, mais diffère par sa largeur au crochet.“

Unser Exemplar ist nicht vollständig erhalten und schliesst schon deshalb die Vornahme einer bestimmenden Vergleichung aus. Nach den Bemerkungen von Barrande scheint eine vollständige Uebereinstimmung der Formen nicht zu bestehen.

4. *Capulus tuberosus* n. s.
S. 240. T. X. F. 21, 22.

Capulus sedans Barr.
Pl. 18.

„Parmi les 4 spécimens de Hainau le plus grand et le plus large se rapproche beaucoup de mon *C. sedans* f.“

Unter den zahlreichen in ihrer Ausbildung etwas variablen Exemplaren, welche in dem *C. tuberosus* eine interessante Hainauer Art bilden, und welche auch im Harz in dem *C. multiplicatus* (Giebel¹⁾) durch analoge Formen vertreten sind, zeigt nach Barrande ein Exemplar grosse Aehnlichkeit mit dem böhmischen *C. sedans*. Man kann darnach wohl nahe Beziehungen der beiden Arten annehmen, aber keine Identität.

c. Crustacea.

I. Ostraeoda.

1. *Primitia pila* n. s.
S. 246. T. XI. F. 1.

Primitia tarda Barr.
I. c. Tril. Suppl. Pl. 24. F. 15—18.

2. *Primitia contusa* n. s.
S. 246. T. XI. F. 2.

Primitia pila ist kurz oval, hat ein zwischen Leisten gelegenes Charnier und eine Furche über der Mitte, *Primitia contusa* ist breit oval und mässig stark gewölbt, mit einer Furche auf der oberen Hälfte, während die böhmische *tarda* lang oval und ziemlich gewölbt ist, mit einer mehr in der Mitte gelegenen Furche.

3. *Orozoe marginata* n. s.
S. 248. T. XI. F. 6.

Orozoe mira Barr.
I. c. Tril. Suppl. Pl. 24. F. 23—25.

Die beiden zu vergleichenden Formen sind bis jetzt die einzigen Arten einer Gattung, für welche Barrande als wesentlich die starke Entwicklung der Protuberanzen und deren Vertheilung auf der ganzen inneren Fläche bezeichnet. In dieser Beziehung herrscht zwischen der rheinischen und böhmischen Form volle Uebereinstimmung, dagegen ist weder der Umriss, noch die Anordnung und Höhe der Protuberanzen übereinstimmend, und daher eine Identität der beiden Formen ausgeschlossen.

¹⁾ Kayser, Harz S. 97. T. 16. F. 7—9.

II. Trilobitae.

1. *Proctus subplanatus* n. s.

S. 251. T. XI. F. 8—10.

Proctus complanatus Barr.

l. c. Tril. 8. 463. Pl. 17. F. 34, 35, 41.

Die rheinischen und böhmischen Formen stehen sich sehr nahe, 1) in dem Umriss und der Wölbung des Kopfes, 2) in dem breiten Nackenring, 3) in der breiten auf beiden Seiten schwach eingebuchteten, in der Stärke ihrer Wölbung schwankenden Glabella, 4) dem dicken Randsaum. Sie unterscheiden sich darin, dass die rheinische Form 1) eine gabelförmig getheilte Nackenfurche, 2) eine Tuberkel auf der Mitte des Axenringes und 3) einen glatten Randsaum hat, die böhmische 1) einen glatten Nackenring, 2) eine einfache Nackenfurche, 3) einen fein gestreiften Randsaum und 4) zu Hörnern ausgezogene Seitenecken hat.

2. *Phacops latifrons* Bronn.

S. 262. T. XI. F. 27—30.

Phacops fecundus Barr.

l. c. Tril. 8. 514. Pl. 21.

Es scheint, dass die Formen von Hainau, welche mit *Phacops latifrons* bezeichnet wurden, ein interessantes Zwischenglied zwischen dem typischen Eifeler *latifrons* und dem böhmischen *fecundus* bilden, vorausgesetzt, dass die im Hainauer Kalk isolirt gefundenen Köpfe und Pygidien zu einer Art gehören. Diese Voraussetzung ist wohl gerechtfertigt, weil keine andere Art der Gattung *Phacops* sich in unserem Kalk gefunden hat. Während die Köpfe in dem Vortreten der Augen und ihrer Lage dicht an der Occipitalfurche zweifellos mitteldevonische Ausbildung zeigen, haben sämtliche Pygidien auf ihren Seitenrippen Rinnen. Diese Rinnen fehlen dem typischen *latifrons*, sind aber ein charakteristisches Merkmal des *fecundus*. Man müsste demnach die Formen von Hainau als eine besondere Art oder Abart betrachten, wenn ich nicht auch an einem Eifeler Individuum ein Pygidium mit Rinnen auf den Seitenrippen beobachtet hätte, während die Augen sich sehr stark über die Glabella erheben, demnach ein Vorkommen, welches mit den Formen von Hainau vollständig übereinstimmt. Mithin liegt vorerst keine Veranlassung vor, eine Trennung unserer Exemplare von *Ph. latifrons* vorzunehmen, denn es ist doch nicht wahrscheinlich, dass das von mir beobachtete Exemplar aus der Eifel das einzige bleiben wird.

Bemerk. Follmann hat (Verhandl. d. nat. Ver. 1882, Seite 176) auf die Unterschiede zwischen der mitteldevonischen und unterdevonischen Form des *Phac. latifrons* aufmerksam gemacht, wovon hier nur Notiz genommen werden soll, weil ohne Einfluss auf die vorliegende Frage.

3. *Cheirurus gibbus* Beyrich?
S. 264. T. XI. F. 31.

Cheirurus gibbus Beyrich.
I. c. Tril. S. 792. Pl. 40, 41, 42.

Das im Kalk der Grube Hainau gefundene Exemplar ist zu unvollständig erhalten, um mit voller Sicherheit darin den *gibbus* erkennen zu können. Allein es ist sehr wahrscheinlich, dass diese bereits anderwärts im mitteldevonischen Kalk Nassaus von Sandberger aufgefundenen Art auch hier vorkommt.

4. *Bronteus conf. umbellifer*.
S. 265. T. XI. F. 32–34.

Bronteus umbellifer Beyr.
I. c. Tril. S. 879. Pl. 44, 46.

Beide Arten stehen sich ausserordentlich nahe, die Unterschiede sind gegenüber der im Uebrigen vollständig übereinstimmenden Ausbildung fast so untergeordneter Art, dass man versucht sein könnte, in der rheinischen und böhmischen Form Ausbildungen einer Art mit localen Abänderungen zu erkennen. Allein diese Unterschiede, welche darin bestehen, dass erstere Form zwei Depressionen der Glabella, die eine in der Höhe der mittleren Seitenfurchen, die zweite stärkere in der Höhe der hinteren Seitenfurchen hat, der zwischenliegende Theil der Glabella mit einem deutlichen Höcker versehen ist, während die böhmische Form nur eine Depression in der Höhe der mittleren Seitenfurchen und keinen Höcker hat, diese Unterschiede zeigen nicht weniger wie vier Exemplare resp. Bruchstücke unseres Kalkes in so übereinstimmender Weise, dass sie als charakteristisch für die rheinische Form betrachtet werden müssen, und diese mit der böhmischen Art nicht vereinigt, aber ihr sehr nahestehend bezeichnet werden kann.

Die erhaltenen Theile des zu unserer Art wahrscheinlich gehörenden Pygidium zeigen grosse Uebereinstimmung mit dem des *umbellifer*. Das Quer- und Längsprofil ist vollständig dasselbe, die Zahl und Ausbildung der Rippen eine gleiche, allein es ist an unserem Exemplar nicht zu ersehen, ob die Axe getheilt und die Mittelrippe gespalten war.

- 5) *Bronteus fodus* n. s.
S. 267. T. XI. F. 35, 36.

Bronteus Brongniarti Barr.
I. c. Tril. S. 866. Pl. 42, 46.

Die Aehnlichkeiten und Unterschiede der beiden Arten sind oben ausführlich behandelt worden. Die Aehnlichkeiten bestehen in dem Umriss des Kopfes, den starken Augen und in der Form der Glabella, die Unterschiede hauptsächlich in der Flachheit des Kopfes, dem breiteren Palpebralfügel unserer Art, den stärker entwickelten Seitenfurchen und dem Vorhandensein zweier Höcker auf der Glabella. Auch scheint die Structur der Schale nicht übereinstimmend zu sein und konnte deshalb die rheinische Form nicht mit der böhmischen vereinigt werden.

Vergleichende Zusammenstellung derjenigen Arten, welche in unserem Kalk und in Böhmen durch identische oder ähnliche Formen vertreten sind.

1. Identische Arten:

	e ²	f ¹	g ¹
<i>Chonetes embryo</i> Barr.?	.	+	+
<i>Orthis elegantula</i> Dalm.?	.	+	+
<i>Strophomena rhomboidalis</i> Wahl.	.	+	+
<i>Spirifer indifferens</i> var. <i>obesa</i> Barr.?	.	.	+
<i>Spirifer Urvii</i> Flem.	.	.	+
<i>Spirifer gibbosus</i> Barr.	.	.	+
<i>Cyrtina heteroclita</i> DeFr.	.	.	+
<i>Merista passer</i> Barr.	.	.	+
<i>Merista Hecate</i> Barr.	.	.	+
<i>Meristella Circe</i> Barr.	.	.	+
<i>Meristella upsilon</i> Barr.	.	.	+
<i>Whitfieldia tumida</i> Dalm.	.	.	+
<i>Atrypa reticularis</i> Linné	.	.	+
<i>Atrypa aspera</i> Schlot.	.	.	+
<i>Atrypa Eurydice</i> Barr.	.	.	+
<i>Atrypa Philomela</i> Barr.	.	.	+
<i>Atrypa assula</i> Barr.	.	.	+
<i>Atrypa canaliculata</i> Barr.	.	.	+
<i>Glassia obovata</i> Sow.	.	.	+
<i>Rhynchonella?</i> <i>subcuboides</i> Gieb. (<i>Atrypa astuta</i> Barr.)	.	.	+
<i>Capulus immersus</i> Barr.	.	.	+
	17	16	5

2. Locale Abänderungen zeigen:

	e ²	f ¹	g ¹
<i>Spirifer indifferens</i> var. <i>elongata</i> Maur.			+
<i>Spirifer indifferens</i> Barr.			+
<i>Retzia submelonica</i> Maur.			+
<i>Retzia melonica</i> Barr.			+
<i>Atrypa subcolumbella</i> Maur.			+
<i>Atrypa columbella</i> Barr.			+
<i>Pentamerus galeatus</i> Dalm.			+
<i>Pentamerus globulosus</i> Barr.			+
<i>Pentamerus biplicatus</i> Schnur.			+
<i>Pentamerus incipiens</i>			+

<i>Pentamerus acutolobatus</i> Sandb.	<i>Pentamerus procerulus</i> var. de <i>acutolobatus</i> Sandb.				
<i>Pentamerus sublinguifer</i> Maur.	<i>Pentamerus linguifer</i> Sow.	+	+	+	
<i>Proetus subplanatus</i> Maur.	<i>Proetus complanatus</i> Barr.			+	
<i>Bronteus conf. umbellifer</i> Beyr.	<i>Bronteus umbellifer</i> Beyr.			+	
					<hr/>
					4 6 1

3. Aehnlichkeiten zeigen:

<i>Orthis striatula</i> Schloth.	<i>Orthis praecursor</i> Barr.			+	
<i>Orthis canalicula</i> , var. <i>acuta</i> Maur.	<i>Orthis neglecta</i> Barr.			+	
<i>Strophomena interstitialis</i> Phil.	<i>Strophomena Phillipsi</i> Barr.	+	+	+	
<i>Strophomena porrigata</i> Maur.	<i>Strophomena insolita</i> Barr.			+	
<i>Strophomena conf. pecten</i> Linné sp.	<i>Strophomena pecten</i> Linné sp.	+			
<i>Leptaena transversalis</i> Wahl sp.?	<i>Leptaena transversalis</i> Wahl sp.	+			
<i>Spiriferina? macrorhyncha</i> Schnur.	<i>Spirifer falco</i> Barr.			+	
<i>Merista prunulum</i> Schnur.	<i>Merista Herculea</i> Barr.	+	+		
<i>Stringocephalus Burtini</i> DeFr.	<i>Stringocephalus bohemicus</i> Barr.			+	
<i>Capulus conf. emarginatus</i> Barr.	<i>Capulus emarginatus</i> Barr.			+	
<i>Capulus conf. hamulus</i> Barr.	<i>Capulus hamulus</i> Barr.	+	+		
<i>Capulus tuberosus</i> Maur.	<i>Capulus sedans</i> Barr.			+	
<i>Primitia pila</i> Maur.	<i>Primitia tarda</i> Barr.			+	
<i>Primitia contusa</i> Maur.	<i>Primitia tarda</i> Barr.			+	
<i>Orozoc marginata</i> Maur.	<i>Orozoc mira</i> Barr.			+	
<i>Phacops latifrons</i> Bronn.	<i>Phacops secundus</i> Barr.	+	+	+	
<i>Cheirurus gibbus</i> Beyr.?	<i>Cheirurus gibbus</i> Beyr.			+	+
<i>Bronteus foedus</i> Maur.	<i>Bronteus Brongniarti</i> Barr.			+	
					<hr/>
					6 16 3

An das vorstehende Verzeichniss lassen sich folgende Betrachtungen knüpfen: Die Zahl der identischen Arten unseres Kalkes und des böhmischen Beckens ist eine sehr bedeutende, sie beträgt 18 (vielleicht 21) unter 47 in Vergleich gezogenen Formen, während für die Eifel Barrande¹⁾ unter 23 Formen nur 4 identische annimmt. Von den erwähnten 18 Arten gehören 15 dem Band e³ an und 13 dem Band f². Von letzteren existirten bereits 10 in e², und unter diesen 10 finden sich zwei Arten, deren Ausbildungen denen

¹⁾ Barrande, Et. loc. S. 346.

aus e^3 näher stehen wie aus f^3 . Diese Arten sind *Strophomena rhomboidalis* und *Meristella Circe*. Dagegen zeigen grössere Aehnlichkeit mit Formen aus f^3 der *Capulus immersus* und die *Atrypa reticularis*, während die Varietät *aspera* auf e^3 beschränkt ist und mit unseren Exemplaren sehr gut übereinstimmt.

Unter den Formen, welche locale Abänderungen zeigen, herrschen solche aus f^3 vor. Hier stehen sich vier aus e^3 , sechs aus f^3 gegenüber. Allein das Zahlenverhältniss ist nicht allein entscheidend, es ist zu bemerken, dass von den vier Arten aus e^3 nicht weniger wie drei direkt in unseren Kalk übergehen. Diejenigen Formen, welche nur Aehnlichkeit zeigen, finden sich vorzugsweise in f^3 , welchem Band 16 Arten angehören, dem Band e^3 nur sechs, auch unter diesen sechs sind zwei Arten, die in f^3 unbekannt sind, die *Leptaena transversalis* und *Strophomena pecten*. Uebrigens ist sehr wahrscheinlich, dass fortgesetzte Beobachtungen an besser erhaltenen Exemplaren, wie sie mir bis jetzt Gebote stauden, die Zahl ähnlicher Arten reduciren und derjenigen, welche locale Abänderungen zeigen, vermehren werden. Unter diese Zahl würden möglicher Weise gehören: *Strophomena interstitialis* Phil. *Capulus conf. emarginatus* Barr., *Cheirurus gibbus* Beyr.? u. A. Aus den angegebenen Zahlenverhältnissen geht unzweifelhaft hervor, dass Arten des Bandes e^3 vorzugsweise Einfluss auf die Zusammensetzung der Fauna unseres Kalkes ausgeübt haben. Nicht nur, dass aus diesem Band die grössere Zahl derjenigen Arten stammen, welche sich unverändert erhalten haben, sind vier derselben direct in unseren Kalk übergegangen, ohne in den jüngeren Ablagerungen Böhmens existirt zu haben, nämlich *Spirifer gibbosus*, *Meristella Upsilon*, *Whitfieldia tumida* und *Atrypa astuta*.

Dieses Resultat ist übereinstimmend mit dem der vergleichenden Zusammenstellung der gemeinsamen und ähnlichen Arten des Greifensteiner Kalkes und des böhmischen Beckens¹⁾ sowie mit den Schlussfolgerungen, welche Barrande aus dem Vergleich der Eifeler Fauna mit der des böhmischen Beckens zieht.²⁾

Barrande findet nähere Beziehungen der Fauna des Eifeler Mitteldevon und des böhmischen Beckens in erster Linie im Band e^3 ³⁾.

¹⁾ Maurer, Kalk b. Greif. S. 94.

²⁾ Barrande, Et. loc. S. 348.

³⁾ Herr Kayser, (Zeitschrift d. d. g. Ges. 1881 S. 626) erklärt meine Schlussfolgerung, dass die Fauna des Greifensteiner Kalkes derjenigen der Etage E näher stehe, wie die Faunen von F und G nicht beistimmen zu können, um so mehr als meine eigene Arbeit

2. Die Beziehungen unserer Fauna zu derjenigen des Greifensteiner Kalkes.

Obgleich der Kalk bei Greifenstein nicht weit von der Nordgrenze des Lahnkalkzuges, dem die Kalke bei Waldgirmes angehören, sich findet, und beide Kalke durch das Vorkommen böhmischer Formen gleich ausgezeichnet sind, bestehen doch in der Zusammensetzung ihrer Fauna wie in der Ausbildung mehrerer gemeinsamen Arten wesentliche Unterschiede, wie sich aus nachfolgenden Bemerkungen ergeben wird.

Die zu vergleichenden Formen sind folgende:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. <i>Strophomena rhomboidalis</i> Wahl. | <i>Strophomena rhomboidalis</i> Wahl. |
| S. 147. T. V. F. 22—25. | l. c. S. 59. T. IV. F. 2. |

Die zum Vergleich vorliegenden Exemplare stimmen, mit nur einer Ausnahme aus dem Kalk von Hainau, in jeder Beziehung gut überein. Sie sind klein, ohne oder mit geringer Ausschweifung der Ecken, Querrunzeln zahlreich und regelmässig geordnet, Radialstreifen fehlen oder treten sehr untergeordnet auf. Wie bereits oben erwähnt, zeigen diese Exemplare mit der

durchaus gegen jene Annahme spreche. Er geht von der Unterstellung aus, dass meine Bezeichnung „conf.“ nichts anderes bedeute wie eine „unsichere Bestimmung“. Dem gegenüber erlaube ich mir auf die einleitenden Bemerkungen meiner Studien über den Kalk bei Greifenstein hinzuweisen, in denen die Bezeichnung „conform“ dahin erläutert wird, dass darunter locale Abänderungen der böhmischen Formen zu verstehen seien. Ferner muss ich gegen die weitere Unterstellung Verwahrung einlegen, dass unter den näheren Beziehungen zu der Etage E eine Annäherung des Greifensteiner Kalkes in Bezug auf den Charakter der Gesamtfauuna, oder gar deren Alters zu verstehen sei. Es kann selbstverständlich hier nicht von einem Vergleich der Etagen E, F, G mit unserem Kalk, sondern nur der wenigen Arten, welche in letzterem gefunden wurden, mit den entsprechenden Arten aus dem böhmischen Becken die Rede sein, und in dieser Beziehung wiederhole ich, dass der Uebergang von drei Arten des Bandes e² (in localen Abänderungen) direct in unseren Kalk, ohne in f² existirt zu haben, eine sehr bemerkenswerthe Erscheinung ist. Denn daraus lässt sich unzweifelhaft die weitere Folge ziehen, dass auch die in f² noch existirenden Formen aus e² nicht erst in f² leben mussten, ehe sie in unserem Kalk erschienen sind. Diese Annahme würde zu dem Ergebnis führen, dass sich 15 Formen aus e², acht Formen aus f² gegenüber stehen, mithin die Vermuthung, dass die Fauna unseres Kalkes bereits unter dem Einfluss der Fauna des Bandes e² gestanden habe, durchaus nicht unmotivirt ist. Mehr wie muthmassliche Folgerungen aus diesen Betrachtungen jetzt schon schliessen zu wollen möchte verfrüht sein.

var. *Zinkeni* aus dem Kalk des Scheerenstieges eine grössere Uebereinstimmung, wie mit der typischen Form des Mitteldevon.

2. *Spirifer Urii* Flem.
S. 155. T. VI. F. 12—14.

Spirifer Urii Flem.
l. c. S. 56. F. 4, 5.

Spirifer Urii besitzt zwar eine grosse verticale Verbreitung, die Form ist jedoch, wie es scheint, je nach dem Alter ihres Auftretens verschiedenen Aenderungen unterworfen. Im böhmischen Becken kommt er nur mit glatter Oberfläche und manchmal mit einem schwachen Wulst der Rückenschale vor, im Mitteldevon der Eifel hat er feine concentrische Anwachsstreifen und auf beiden Schalen eine flache mittlere Depression. Die Formen der Kalke von Hainau und Greifenstein nehmen eine Mittelstellung ein, indem sich Formen mit glatter und solche mit gestreifter Oberfläche finden. Im Greifensteiner Kalk fand sich noch ein Exemplar mit einem Wulst der Dorsalschale, während ein zweites Exemplar bereits mit einer Furche versehen ist. Im Kalk von Hainau herrschen immer noch die Formen mit glatter Oberfläche vor, dagegen hat sich kein Exemplar mit einem Wulst gefunden. Dieses Verhalten zeigt, dass die Formen von Greifenstein den böhmischen näher stehen, wie diejenigen von Hainau.

3. *Spirifer indifferens*, var. *elongata* Maur. *Spirifer indifferens*, var. *elongata* Maur.
S. 158. T. VI. F. 18. l. c. S. 55. T. IV. F. 3.

Wie bereits oben erwähnt, besteht keine vollständige Identität der beiden Vorkommen. Das Exemplar von Rothe Erde hat auf den Seiten zwei schwache Rippen, kräftigere Anwachsstreifen und ist grösser wie die Form von Greifenstein. Allein *Sp. indifferens* ist eine etwas variable Art, an welcher Barrande schon drei Abänderungen unterscheidet, es möchte daher zweckmässig sein vorerst abzuwarten ob die erwähnten Unterschiede constante sind, ehe eine Trennung der Formen vorgenommen wird.

4. *Spiriferina?* *macrorhyncha* Schnur.
S. 162. T. VII. F. 2.

Spirifer falco Barr.
l. c. Pl. 8.

Ein eingehender Vergleich ist bei dem schlechten Erhaltungszustand unserer Exemplare nicht vorzunehmen und kann ich nur im Allgemeinen auf das von Barrande¹⁾ in Bezug auf das gegenseitige Verhältniss der beiden Formen mitgetheilte hinweisen.

¹⁾ Brach. Et. loc. 1879. S. 343.

5. *Merista passer* Barr.
S. 166. T. VII. F. 8—10.

Merista passer Barr.
I. c. S. 46. T. III. F. 14.

Die äussere Form ist vollständig übereinstimmend, hier wie dort kommen fast glatte und stark gerippte Exemplare vor, im Ganzen sind unsere Exemplare von derselben Grösse wie diejenigen von Greifenstein. Uebrigens kommt es bei einem Vergleich der beiden Vorkommen weniger auf den Nachweis an, dass identische Ausbildungen vorliegen, als vielmehr das Vorhandensein der Art in beiden Kalken festzustellen. Diesen Nachweis zu liefern ist schwierig, weil das Mitteldevon eine der böhmischen Art analoge Form in *Merista prunulum* besitzt und nur zahlreiche vergleichende Untersuchungen des inneren Baues die Möglichkeit gewähren, unterscheidende Merkmale anzufinden. In dieser Beziehung kann als wahrscheinliches Resultat der vergleichenden Untersuchungen angeführt werden, dass bei *Mer. passer* die Zahnstützen der Ventralschale weniger kräftig, und die verbindende Platte weniger tief in die Schale einbiegt wie bei *Mer. prunulum*. Während für die Vorkommen in dem Kalk bei Greifenstein die Vermuthung für die Zugehörigkeit zu der böhmischen *passer* spricht, für die Vorkommen unseres Kalkes dagegen die Zugehörigkeit zu *prunulum* der Eifel, so ist doch eine Trennung der Greifensteiner und Waldgirmeser Vorkommen aus den angeführten Gründen nicht zu rechtfertigen.

6. *Merista prunulum* Schmr.
S. 167. T. VII. F. 11, 12.

Merista Herculea Barr.
I. c. S. 47. T. III. F. 15.

Unter den Exemplaren der *M. prunulum* befindet sich eine Ausbildung, welche mit demselben Recht als *M. Herculea* bezeichnet werden könnte. Das Gehäuse ist breiter wie lang, mässig gewölbt, die Stirnkante bildet einen flachen Bogen, Ventralschale ohne Sinus, die Dorsalschale hat an der Stirn eine schwache wulstige Erhöhung, in der Nähe des Randes wenige schwache Anwachsstreifen. Das Exemplar ist durch Uebergänge mit der Hauptform verbunden und zeigt sehr schön die ausserordentlich nahe Verwandtschaft der beiden Arten.

7. *Merista Hecate* Barr.
S. 169. T. VII. F. 13.

Merista Hecate Barr.
I. c. S. 45. T. III. F. 12.

Als ein Unterschied in der Ausbildung wäre nur zu bemerken, dass die Exemplare der Grube Hainau etwas kleiner bleiben.

8. *Merista Hecate* var. *planolata* Maur. *M. Hecate* var. *planolata* Maur.
 S. 169. T. VII. F. 14. l. c. S. 46. T. III. F. 13.

Eine den Kalken von Hainau und Greifenstein ausschliesslich gemeinsame flache Abänderung der Hauptform, welche sich in unserm Kalk in mehreren Exemplaren gefunden hat.

9. *Meristella Circe* Barr. *Meristella Circe* Barr?
 S. 170. T. VII. F. 16, 16. l. c. S. 49. T. III. F. 18.

Die Formen unseres Kalkes unterscheiden sich von den Greifensteiner Formen im Allgemeinen durch schlankeren Bau und durch einen häufiger vorkommenden schwachen Sinus der Ventralschale, doch kommen auch solche vor, welche mit denen von Greifenstein vollständig identisch sind. Die genannten Unterschiede bringen unsere Exemplare der böhmischen Hauptform näher, insbesondere sind kleine Formen aus dem Band e³ von Kozel mit einzelnen unserer Exemplare vollständig übereinstimmend.

10. *Atrypa Philomela* Barr. *Atrypa Philomela* Barr.
 S. 186. T. VIII. F. 2. l. c. S. 40. T. III. F. 3.

Die zu vergleichenden Exemplare zeigen keine Unterschiede.

11. *Atrypa canaliculata* Barr. *Atr. canaliculata* Barr.
 S. 189. T. VIII. F. 7. l. c. S. 38. T. XI. F. 23, 24.

Gemeinschaftliche Ausbildungen zeigen die nur mit einem Dorsalsinus versehenen Formen, während im Kalk bei Greifenstein ausserdem noch solche mit Sinus auf beiden Schalen vorkommen, letztere übereinstimmend mit böhmischen Formen.

12. *Atrypa verrucula* Maur. *Atrypa verrucula* Maur.
 S. 190. T. VIII. F. 8. l. c. S. 43. T. III. F. 9.

Diese zierliche Muschel ist den Kalken von Hainau und Greifenstein ausschliesslich angehörend und kommt an beiden Stellen in gleicher Ausbildung vor.

13. *Glossia obovata* Sow. *Atrypa obovata* Sow.
 S. 191. T. VIII. F. 9, 10. l. c. S. 41. T. III. F. 6, a, b, c.

Die Vorkommen aus den Kalken bei Waldgirmes und bei Greifenstein zeigen unter sich keine Verschiedenheiten.

14. *Capulus immersus* Barr. *Capulus immersus* Barr.
 S. 237. T. X. F. 9, 10. l. c. S. 33. T. II. F. 15.

Die Vorkommen aus beiden Kalken, welche sich durch spiralgewundene, anliegende Umgänge und zuweilen vorkommende Rinnen auf der rechten Schalseite auszeichnen, zeigen keine Unterschiede.



15. *Capulus conf. hamulus* Barr.?
S. 238. T. X. F. 13.

Capulus rostratus Barr.?
l. c. S. 33. T. II. F. 16.

Die vorliegenden Exemplare sind nicht vollständig erhalten und lässt sich bei aller Aehnlichkeit der Bruchstücke eine Identität nicht mit Sicherheit annehmen, ebensowenig wie mit dem böhmischen *hamulus*, dem früheren *rostratus* Barr.

16. *Phacops latifrons* Bronn.
S. 262. T. XI. F. 27—30.

Phacops conf. fecundus Barr.
l. c. S. 20. T. I. F. 19.

Die Köpfe des Hainauer Kalkes sind flach, insbesondere die Glabella, die Augen erheben sich über die Glabella, sie gehören demnach dem typischen *latifrons* an, während die Köpfe von Greifenstein mit hoher Glabella dem typhischen *fecundus* zuzurechnen sind. Anders verhält es sich mit den Pygidien. Die Pygidien aus dem Hainauer Kalk haben wie diejenigen von Greifenstein mit deutlichen Rinnen versehene Seitenlappen. Die Auffälligkeit dieser Erscheinung schwindet jedoch, nachdem ich auch an einem Eifeler Exemplar des typischen *latifrons* Rinnen an den Seitenlappen beobachtet habe. Die Formen des Greifensteiner Kalkes sind demnach zur Gruppe des *fecundus* gehörend anzusehen, diejenigen des Hainauer Kalkes zu *latifrons* gehörend.

17. *Proetus subplanatus* n. s.
S. 251. T. XI. F. 8—10.

Proetus conf. complanatus Barr.
l. c. S. 16. T. I. F. 12.

Die Unterschiede zwischen den beiden Arten wurden bereits früher namhaft gemacht und sollen hier nochmals angegeben werden. Der *subplanatus* hat eine kleine Tuberkel auf der Mitte des Nackenringes, eine gabelförmig getheilte Nackenfurche und glatte Schale; der *conf. complanatus* von Greifenstein hat zwei Depressionen des Nackenringes und keine Tuberkel, eine ungetheilte Nackenfurche und einen parallel gestreiften Randsaum.

18. *Proetus consonus* Maur.
S. 254. T. XI. F. 12.

Proetus conf. eremita Barr.
l. c. S. 12. T. I. F. 9.

Die Axe des *consonus* hat eine stärkere Wölbung, ist länger und an der Spitze gerundet, sie hat ausser dem Articulationsreif vier Axenringe, die Seitenlappen sind schwach entwickelt, der *conf. eremita* hat eine kürzere, spitz zulaufende Axe mit 5 Axenringen, die Seitenrippen sind markirter.



Zusammenfassung.

Bei einer Beurtheilung der beiden Faunen ist zunächst zu beachten, dass die Fauna des Greifensteiner Kalkes noch lange nicht vollständig bekannt ist, die gegenwärtigen Folgerungen demnach nicht als endgiltige betrachtet werden können. Soweit also bis jetzt die Faunen bekannt sind, liegt ihr Hauptunterschied darin, dass der Greifensteiner Kalk eine so zu sagen rein böhmische Fauna enthält, die Kalke von Waldgirmes eine vorwiegend aus mitteldevonischen Arten bestehende und nur mit böhmischen Arten gemischte Fauna enthalten, eine Erscheinung, welche ja auch der Eifeler Kalk nur in vermindertem Mass zeigt. Wenn hierin schon ein bedeutsamer Unterschied liegt, so zeigt sich ein zweiter darin, dass die Zahl gemeinsamer identischer Formen gering ist. Zwar gehören einige Arten resp. Varietäten den beiden Kalken ausschliesslich gemeinsam an, die *Atrypa verrucula*, die Varietäten *planolata* der *Merista Hecate*, und *elongata* des *Spirifer indifferens*, ausserdem finden sich sechs Arten der böhmischen Fauna in den beiden Kalken, die

<i>Merista passer</i> ,	<i>Atrypa Philomela</i> ,
<i>Merista Herculea</i> ?	<i>Meristella Circe</i> ,
<i>Merista Hecate</i> ,	<i>Glossia obovata</i>

und wenn auch diese Zahl gemeinsamer Arten die nahen Beziehungen der beiden Kalke ausser Zweifel stellen, konnte unter den Gastropoden nur eine gemeinsame Art namhaft gemacht werden und die Trilobiten haben keine nähere Beziehung zu einander, indem bis jetzt keine gemeinsame Art dieser Gattung gefunden worden ist, vielmehr zeigt sich in dem Vorkommen des *Phacops secundus* in dem Greifensteiner Kalk und dem *Phacops latifrons* des Hainauer Kalkes eine Altersverschiedenheit der beiden Kalke, welche, wie die Zusammensetzung der Fauna überhaupt für die Kalke von Waldgirmes auf ein jüngerer Alter schliessen lassen.

3. Vergleichende Untersuchungen der Fauna unseres Kalkes mit der hereynischen Fauna des Harzes.

—————

Einer vergleichenden Betrachtung der Fauna unseres Gebietes mit derjenigen des Harzer Hereyn mögen einige einleitende Worte vorausgeschickt werden. Im Jahr 1878 erschien Kayser's bekannte Arbeit über die Fauna

der ältesten Devonablagerungen des Harzes. In derselben wird der Hauptquarzit dem rheinischen Spiriferensandstein im Alter gleichgestellt, die Fauna der unter dem Hauptquarzit liegenden unteren Wieder Schiefer derjenigen der böhmischen Stufen F. G. H., sowie der Kalke von Greifenstein und Bicken am Rhein äquivalent erklärt. In Bezug auf die Schiefer des Ruppbachthales heisst es, dass diese eine beträchtliche Reihe hercynischer Arten einschliessen. Diesen Anschauungen gegenüber wurde in meiner Arbeit über den Kalk bei Greifenstein im Jahr 1880 nachzuweisen gesucht, dass sowohl die Schiefer des Ruppbachthales wie der Kalk bei Greifenstein als eine Parallelbildung der oberen Abtheilung des Unterdevon anzusehen seien und eine Aequivalenz der Fauna des Greifensteiner Kalkes mit der hercynischen Fauna des Harzes nicht bestehe. — In einer kurzen Mittheilung in der Zeitschrift d. d. g. Gesellschaft 1881 (Seite 617) wird von Kayser der Hauptquarzit an die obere Grenze des Unterdevon versetzt, die Annahme gleichen Alters für die hercynische und erwähnte rheinische Fauna aufgegeben, die fraglichen rheinischen Kalke für jünger als die Hercynkalke des Harzes erklärt. Ein Widerspruch zwischen Kayser's Anschauung der rheinischen Lagerungsverhältnisse und der meinigen bestand jetzt nur noch darin, dass der genannte Forscher den Greifensteiner Kalk über die obere Coblenzstufe, demnach ins Mitteldevon verlegte, die Hercynkalke unter dieselbe. Auch mit dieser Annahme konnte ich mich nicht befreunden, umsoweniger, nachdem ich gefunden hatte, dass der Kalk der Grube Hainau eine Fauna enthält, welche den Hercynkalken des Harzes viel näher steht, wie diejenige des Greifensteiner Kalkes. Diese in einer brieflichen Mittheilung in der Zeitschrift d. g. Gesellschaft 1882 (S. 194) bereits kurz erwähnte Beobachtung, soll nunmehr eingehender behandelt werden.

In dem ersten Abschnitt vorliegender Abhandlung konnte bei 25 Arten ein Vergleich mit solchen des Harzer Hercyn gezogen werden.

Diese Arten sind folgende:

1. *Proctus subplanatus* Maur.

S. 251. T. XI. F. 8, 10.

Proctus complanatus Barr.?

l. c. S. 13, Pl. I. F. 9, 10.

Die beiden Formen zeigen zwar in dem starken Wulst des Stirnrandes und dem Umriss der Glabella grosse Aehnlichkeit können aber nicht als identische bezeichnet werden, weil die Harzer Exemplare zu einer eingehenden Vergleichung nicht vollständig genug erhalten sind. Es fehlen die Ecken des Nackenringes und ist daher nicht ersichtlich, ob die Nackenfurche getheilt



war, wie an der rheinischen Form, oder nicht. Die Seitenfurchen der Glabella der Harzer Form fehlen unseren Exemplaren.

2. *Proetus consonus* Maur.

S. 254. T. XI. F. 12.

Proetus eremita Barr.

L. c. S. 15. Pl. I. F. 2—4.

Die unter sich nicht vollständig übereinstimmenden Harzer Formen haben mit dem *Proetus consonus* das flügelartige Vortreten der Seitenlappen (insbesondere Fig. 3), den wenig nach oben gerichteten glatten Randsaum und die Tuberkel auf den Axenringen gemeinsam, allein die Axen endigen in einer Spitze, während dieselben bei *consonus* abgestutzt sind.

3. *Cyphaspis hydrocephala* A. Röm.

S. 258. T. XI. F. 20—22.

Cyphaspis hydrocephala A. Röm.

L. c. S. 17. T. I. F. 12. T. III. F. 16—18.

Zwischen den hier zu vergleichenden Formen bestehen keine Unterschiede. Kayser vereinigt die Harzer Vorkommen mit *C. barrandei*. Barrande und Giebel finden, wie bereits vorue erwähnt, nur Aehnlichkeit mit letzterem, während Novak¹⁾ in seinen Bemerkungen zu Kayser's erwähter Arbeit eine auffallende Aehnlichkeit der Formen findet, mit dem unbedeutenden Unterschied, dass der Nackenring der Harzer Exemplare keine Körnchen trage und die Nackenfurche der böhmischen Exemplare viel tiefer und breiter sei. Wie bereits bei der Beschreibung der Arten erwähnt, glaube ich bei solchen Arten, welche, wie der böhmische *C. barrandei*, verschiedenen Formschwankungen unterliegen, auf kleine Differenzen keinen grossen Werth legen zu dürfen. Einen Nackenring ohne Körnchen haben auch unsere Exemplare, während letztere wieder durch ein Knötchen auf dem Saume vor der Glabella ausgezeichnet sind; beide im Uebrigen gleiche Formen sind daher, wie mir scheint, nur als locale Abänderungen der böhmischen Art zu betrachten.

4. *Phacops latifrons* Broun.

S. 262. T. XI. F. 27—30.

Phacops fecundus Barr. var.

L. c. S. 19. T. II. F. 1—11.

Zu einem Vergleich der hierher gehörenden rheinischen und Harzer Formen liegen von beiden Gegenden nur isolirte Köpfe und Pygidien vor.

An unseren Köpfen überragen die Augen, wenn auch nur unbedeutend, das Niveau der Glabella, an den Harzer Formen ist das Verhältniss umgekehrt. Bei den ersteren liegen die Augen nahe an der Occipitalfurchen, nach dem Text bei Kayser sollen zwar die Augen der Harzer Formen nur bis in

¹⁾ Jahrb. d. k. k. Reichsanstalt 1880. S. 79.

die Nähe der Occipitalfurche reichen, allein aus verschiedenen Abbildungen (vergl. T. II. F. 4, 5, 7) geht hervor, dass ein Zwischenraum oft auch fehlt. Ein Unterschied besteht demnach nur in der Höhe der Glabella.

Nun bezeichnet zwar Kayser als unterscheidende Merkmale zwischen latifrons und fecundus, dass 1) die Augen des letzteren nicht das Niveau der Glabella erreichen, 2) zwischen Occipitalfurche und Augen immer ein wenn auch oft nur geringer Zwischenraum bleibe, 3) durch bei guter Erhaltung stets deutlich sichtbare drei Furchen der Glabella, 4) durch die Furchen der Rippen auf den Seitenlappen des Pygidiums. Allein wie oben erwähnt finden sich unter dem latifrons der Eifel gar nicht so selten Individuen, an welchen sich die Glabella über die Augen erhebt, es ist daher die Zugehörigkeit der Harzer Köpfe zu fecundus gar nicht so zweifellos, wenn man dazu noch den weiteren Umstand in Betracht zieht, dass an mehreren Harzer Exemplaren die Augen viel näher an die Occipitalfurche grenzen, wie an den böhmischen Formen.

Bei dem Vergleich der Pygidien wäre zu erwähnen, dass die Abbildungen der Harzer Formen (vergl. T. II. F. 9, 10, 11) Novak¹⁾ zu der Bemerkung veranlassen, dass an eine Zugehörigkeit derselben zu fecundus gar nicht gedacht werden könne, weil erstere einen deutlich entwickelten Randsaum zeigen und die Furchen zwischen den Rippen viel breiter seien. Ich möchte vermuthen, dass hier ungenaue Abbildungen vorliegen, denn so starke Randsäume finden sich niemals, weder bei fecundus noch bei latifrons, weder an Kernen noch an Exemplaren mit erhaltener Schale. In Bezug auf die Furchung der Seitenrippen unserer Exemplare sowohl wie der Harzer Formen möge an die bereits vorne erwähnte Thatsache erinnert werden, dass diese auch an Eifeler Formen mitunter vorkommt.

Wenn somit weder an der Höhe der Glabella, noch an der Rippenbildung der Pygidien sichere Artenunterschiede erkannt werden können, bleibt als einziges Unterscheidungsmerkmal des Ph. fecundus und Ph. latifrons der grosse Zwischenraum zwischen Augen und Occipitalfurche der böhmischen Art übrig. Auch diesen Unterschied zeigen, wie erwähnt, nicht alle Harzer Exemplare und muss wenigstens für einige derselben die Zugehörigkeit zu dem böhmischen fecundus stark angezweifelt werden. Diese Exemplare können mindestens als solche bezeichnet werden, welche dem typischen latifrons ebenso nahe stehen, wie dem böhmischen fecundus.

¹⁾ l. c. S. 80.

Als bemerkenswerther Unterschied in der Kopfbildung unserer und der Harzer Formen bleibt die hohe Glabella der letzteren übrig. Da jedoch, wie erwähnt, letztere Ausbildung auch an Eifeler Exemplaren des *latifrons* beobachtet worden ist, können nach allem Vorhergesagten unsere Formen sowohl wie die Harzer als solche bezeichnet werden, welche dem typischen *latifrons* ebenso nahe stehen, wie dem typischen *fecundus*.

5. *Capulus priscus* Goldf.

S. 236. T. X. F. 7, 8.

Capulus priscus Goldf.?

I. c. S. 94. T. 16. F. 5.

Die Bezeichnung ist zwar von Kayser mit einem ? versehen, allein im Text sind Unterschiede nicht hervorgehoben worden. Die Harzer Form ist etwas schlanker gebaut wie unsere Exemplare, allein die Lage der ersten Umgänge und die Windung der Gehäuse ist so übereinstimmend, dass beide Vorkommen zu einer Art gehörend angesehen werden müssen.

6. *Capulus conf. emarginatus* Barr.

S. 238. T. X. F. 11, 12.

Capulus Zinkeni A. Röm.

I. c. S. 93. Taf. 15. F. 5—7.

Schlanker Bau und freistehende Spitze sind beiden Formen gemeinschaftlich. Die Harzer Form ist schwach um ihre Axe gedreht, die rheinische nicht.

7. *Capulus aries* Maur.

S. 239. T. X. F. 15.

Capulus Halfari Kayser.

I. c. S. 96. T. 15. F. 8.

Beide Formen haben stark nach links gedrehte freie Anfangswindungen, während die Schale nach der Mündung zu schwach rechts gedreht ist. Die beiden Furchen, welche die gerundete Rückenante der Harzer Form einschliessen, fehlen der unsrigen.

8. *Capulus tuberosus* Maur.

S. 240. T. X. F. 21, 22.

Capulus multiplicatus Giebel.

I. c. S. 97. T. 16. F. 7—9.

Die variable Gestalt der Schale ist beiden Formen gemeinsam, allein die Art der Rippenbildung ist verschieden. Die Rippen treten an unseren Exemplaren nicht so zahlreich auf, beginnen erst am Scheitel und spalten sich nicht. An der Harzer Form beginnt die Rippenbildung schon am Schnabel und nur in seltenen Fällen tritt keine Spaltung der Rippen ein.

9. *Capulus selcanus* Giebel?

S. 242. T. X. F. 23, 24.

Capulus hercynicus Kayser, var. *Selcana*.

I. c. S. 90. T. 14. F. 1 u. 2.

Unsere Exemplare bleiben kleiner wie die Harzer, und muss die Identität zweifelhaft bleiben, weil die Oberfläche abgerieben ist und deshalb nicht

festgestellt werden kann, ob den Formen von Hainau auch die feinen Anwachsstreifen der Harzer Art zukommen.

10. *Capulus rigidus* Maur. *Capulus hercynicus* Kayser, var. *acutissima* Giebel.
S. 242. T. X. F. 25. I. c. S. 91. T. 14. F. 14.

Beide Formen sind nicht gedreht, sondern einfach kegelförmig, mit wenig gebogenem Scheitel. Sie lassen sich nicht mit Sicherheit vereinigen, weil die Mündung des Harzer Gehäuses nicht erhalten ist.

11. *Capulus quadratus*. *Capulus hercynicus* Kayser var. *acuta* A. Röm.
S. 243. T. X. F. 26—28. I. c. S. 91. T. 14. F. 5—13.

Die Aehnlichkeit besteht in dem vierseitigen Querschnitt und der schlank oder stumpf schiefkegelförmigen Gestalt des Gehäuses, jedoch ist an der Harzer Form die Vierseitigkeit nicht so scharf ausgeprägt, die Längsfalten treten auf allen Seiten auf, an der rheinischen Form nur auf den breiteren Seitenflächen.

12. *Euomphalus laevis* d'Arch. et de V. *Euomphalus* s.
S. 224. T. X. F. 4. I. c. S. 105. T. 17. F. 5.

Die Harzer Form soll sich durch die Glätte der Schale und die horizontale Lage der Windungen von *E. laevis* unterscheiden, allein es scheint mir doch dieselbe Art vorzuliegen, weil ähnliche Exemplare von *laevis* sich auch in Kalk von Villmar finden.

13. *Cypricardinia squamifera* A. Röm. *Cypricardinia lamellosa* Hall (?).
S. 231. T. IX. F. 30—33. I. c. S. 128. T. 20. F. 3.

Es ist mir nicht recht klar geworden, wesshalb Kayser der Muschel des Klosterholzes den amerikanischen Namen beigelegt hat, da dieselbe nach seiner eigenen Erklärung keine wesentlichen Unterschiede mit der im central-europäischen Mitteldevon verbreiteten *C. lamellosa* Sandb. zeigt; die angegebene Verschiedenheit dieser mit der amerikanischen, welche darin bestehen soll, dass nach Hall's Abbildung letztere Form sehr ungleichklappig zu sein scheine, kann doch die Veranlassung nicht gewesen sein, denn von der Harzer Muschel ist nur eine Schale erhalten.

14. *Cypricardinia crenicostata* A. Röm. *C. crenicostata* A. Röm.
S. 232. T. IX. F. 34. I. c. S. 129. T. 20. F. 2.

Die Formen sind vollständig übereinstimmend, namentlich auch in der Grösse, bis auf den kleinen Unterschied, dass an unserem Exemplar die Anwachsrrippchen am Rand ein wenig weiter auseinander stehen.

Das Vorkommen dieser interessanten Muschel ist bis jetzt auf den Kalk der Grube Hainau und die sandigen Schichten des Klosterholzes beschränkt.

15. *Chonetes embryo* Barr.?

S. 132. T. V. F. 2.

Chonetes embryo Barr.

l. c. S. 203. T. 30. F. 7—9.

Obgleich die beiden Vorkommen einen gemeinschaftlichen Namen tragen, können dieselben doch nicht als identische Formen betrachtet werden. Die unterscheidenden Merkmale sind dieselben, welche Barrande (Et. loc. S. 317) für die böhmische Art geltend macht. Die Harzer Form ist beinahe halbkreisförmig und quer verlängert ohne ausgeschweifte Ecken, und hat einfache Rippen. Die Formen von Hainau sind übereinstimmend mit der böhmischen Art, halb elliptisch, haben ausgeschweifte Ecken und mehrere dichotomirende Rippen.

16. *Orthis striatula* Schloth.

S. 133. T. V. F. 3, 4.

Orthis striatula Schloth.

l. c. S. 188. T. 28. F. 9, 10.

Beide Formen sind nach den Abbildungen zu schliessen vollständig übereinstimmend und zeichnen sich beide vor den Eifeler Vorkommen durch geringe Grösse aus.

17. *Strophomena interstitialis* Phill.

S. 144. T. V. F. 17.

Strophomena interstitialis Phill.

l. c. S. 193. T. 29. F. 8—9.

Sowohl aus unserem Kalk wie aus dem Harz liegen zum Vergleich nur Bruchstücke vor. Während unsere Exemplare unzweifelhaft mit der typischen Eifeler Ausbildung übereinstimmen, sind die Harzer Formen mehr in die Quere ausgedehnt und an den Seiten flügel förmig verlängert. Nach dem Text sollen dieselben am Rand nur 20 Radialrippen haben, während auf der beigegebenen Abbildung (Fig. 9) 30 Rippen zu zählen sind. Diese Rippenzahl entspricht schon eher den Eifeler und Waldgirmeser Vorkommen und sind die Harzer Exemplare möglicher Weise nur als locale Abänderungen der Hauptform zu betrachten.

18. *Strophomena rhomboidalis* Wahl. *Str. rhomboidalis* var. *Zinkeni* A. Röm.

S. 147. T. V. F. 22—25.

l. c. S. 189. T. 29. F. 19.

Unsere Exemplare, von mässiger Grösse, mit zahlreichen regelmässigen Rippen und kaum bemerkbaren Radialstreifen stimmen sehr gut mit den Vorkommen aus dem Kalk des Scheerenstiegs überein, welche von Kayser

als var. *Zinkeni* bezeichnet werden. Die typische Form des Mitteldevon, durch ein Exemplar aus der Gegend von Mägdesprung (T. 29. F. 16) vertreten, hat sich auch im Kalk von Hainau in einem schlecht erhaltenen Exemplar gefunden.

19. *Cyrtina heteroclita* Deifr.
S. 162. T. VII. F. 3, 4.

Cyrtina heteroclita Deifr.?
l. c. S. 177. T. 23. F. 14.

Im Harz hat sich nur ein nicht ganz vollständiges Exemplar gefunden, welches Kayser zu dieser Art zählen möchte. Dass das Exemplar zu dieser Gattung gehöre, beweise die lange Medianleiste im Inneren der Ventralschale. Das Exemplar hat eine mässige Zahl von Falten, und finden sich in unserem Kalk zahlreiche Formen, welche mit dem Bruchstück aus dem Harz einen Vergleich zulassen.

20. *Bifida lepida* Goldf.
S. 178. T. VII. F. 27.

Retzia? lepida Goldf.?
l. c. S. 180. T. 25. F. 20.

Die Harzer Exemplare sind zwar unvollständig erhalten, und bezeichnet Kayser die Zugehörigkeit zu dieser Art nur als wahrscheinlich, es scheinen mir jedoch mit unseren Exemplaren identische Formen vorzuliegen, mithin auch die angeführte Art. Neben vollständig erhaltenen Exemplaren hat sich im Kalk von Hainau eine auf dem Stein aufsitzende Ventralschale gefunden, welche mit Abbildung und Beschreibung bei Kayser vollständig übereinstimmt. Der Umriss ist länglich oval, auf der Mitte der Schale liegen zwei stärkere Falten, welche durch eine schmale Furche getrennt sind, auf den Seiten liegen zwei schwächere Falten, durch eine breite Furche von den mittleren Falten geschieden.

21. *Retzia submelonica* Maur.
S. 176. T. VII. F. 26.

Retzia melonica Barr.
l. c. S. 178. T. 24. F. 7.

Der Umriss der beiden zu vergleichenden Formen ist nicht vollständig übereinstimmend. Die Harzer Form verschmälert sich mehr nach hinten, die grösste Breite liegt oberhalb der Mitte, an unserem Exemplar unterhalb der Mitte. Auch zeigt die Harzer Form nicht die charakteristische Schalenstreifung, weder der böhmischen noch unserer Art. Wenn nun auch, wie oben ausgeführt, das Fehlen dieser Streifen noch nicht dafür spricht, dass verschiedene Arten vorliegen — das Vorhandensein dieser Streifen hängt von dem Erhaltungszustand der Oberfläche ab, — so bleibt doch immerhin zweifelhaft, ob unsere und die

Harzer Form, wenn man von der Verschiedenheit des äusseren Umrisses auch absehen will, sich zu einer Art vereinigen lassen, weil eben die Schalenstreifung, welche an unserer Art verschieden von der böhmischen ist, doch allein entscheidend sein kann.

22. *Atrypa reticularis* Linn. *Atrypa reticularis* Linn.
 S. 180. T. VII. F. 30—34. l. c. S. 184. T. 28. F. 5, 6.

Diese in unserem Gebiet sehr zahlreich und in allen möglichen Abänderungen vertretene Art tritt nach Kayser im Harz, mit alleiniger Ausnahme des Joachiinskopfes, nirgends in grösserer Menge auf. Es sind nur zwei kleinere Exemplare aus dem Klosterholz abgebildet, deren Formen auch hier vertreten sind.

23. *Atrypa reticularis* var. *aspera* Schloth. *Atr. reticularis* var. *aspera* Schloth.
 S. 180. T. VII. F. 35, 36. l. c. S. 185. T. 28. F. 4.

Die abgebildete Form von Ilseburg ist mit zahlreichen Exemplaren unseres Kalkes übereinstimmend.

24. *Rhynchonella?* *subcuboides* Giebel. *Rhynch. subcuboides* Giebel.
 S. 200. T. VIII. F. 26—28. l. c. S. 155. T. 26. F. 14.

Zwischen der rheinischen und Harzer Form bestehen keine äusseren Verschiedenheiten. Zwar ist die Lage der Zunge an unseren Exemplaren keine gleichmässige, sie ist ebenso häufig eine senkrechte wie schräge, während Kayser nur die letztere erwähnt. Allein dem gegenüber wäre zu bemerken, dass Giebel die Lage der Zunge als eine senkrechte bezeichnet, es scheint demnach, dass auch im Harz beide Ausbildungen vorkommen. Noch mehr Gewicht ist auf die durchbohrte Schnabelspitze zu legen, welche zwar von Kayser auch nicht erwähnt, aber von Giebel durch die Bemerkung ausdrücklich hervorgehoben wird, dass der Schnabel eine runde Oeffnung in der Spitze, nicht unter derselben habe. Die Uebereinstimmung unserer Form mit der böhmischen *Atrypa astuta* wurde bereits oben ausführlich behandelt, und scheint mir somit eine Form vorzuliegen, welche dem böhmischen Band e², dem Harz und unserem Kalk gemeinschaftlich angehört.

25. *Pentamerus galeatus* Dalm. *Pentamerus galeatus* Dalm.
 S. 214. T. IX. F. 1—3. l. c. S. 159. T. 27. F. 10, 11, 12.

Bei einer so zu sagen internationalen Art, wie der *Pentamerus galeatus* mit seinen vielen Formenschwankungen, kommt es in vorliegendem Fall nicht

darauf an, ob volle Uebereinstimmung besteht. Ich beschränke mich auf die Bemerkung, dass im Harz gerippte und glatte Formen vorkommen, in unserem Kalk nur glatte.

Zusammenstellung und Uebersicht über die Vertheilung der Formen im Harzer Hercyn.

Waldgirmes.	Harz.	Mägdeburg.	Schwerinthal unterer Ladbeckenberg.	Klosterholz.	Joachimshof.	Schneekeenberg.	oberer Sprankelbach.	Ilseberg.
<i>Proetus subplanatus</i>	<i>Proetus complanatus</i>		+					
— <i>consonus</i>	— <i>eremita</i>						+	
<i>Cyphaspis hydrocephala</i>	<i>Cyphaspis hydrocephala</i>		+					
<i>Phacops latifrons</i>	<i>Phacops secundus</i>	+	+	+	+			
<i>Capulus priscus</i>	<i>Capulus priscus?</i>	+						
— <i>cf. emarginatus</i>	— <i>Zinkeni</i>		+			+		
— <i>aries</i>	— <i>Halfari</i>				+			
— <i>rigidus</i>	— <i>acutissimus</i>					+		
— <i>quadratus</i>	— <i>acutus</i>	+						
— <i>tuberosus</i>	— <i>multiplicatus</i>		+					
— <i>selcanus?</i>	— <i>var. Selcana</i>	+						
<i>Euomphalus lacois</i>	<i>Euomphalus?</i>			+				
<i>Cypricardinia lamellosa</i>	<i>Cypricardinia lamellosa?</i>			+				
— <i>crenicostata</i>	— <i>crenicostata</i>			+				
<i>Chonetes embryo</i>	<i>Chonetes embryo</i>	+						
<i>Orthis striatula</i>	<i>Orthis striatula</i>			+				
<i>Strophomena interstitialis</i>	<i>Strophomena interstitialis</i>		+					
— <i>rhomboidalis</i>	— <i>rhomboidalis</i>	+	+		+		+	
<i>Cyrtina heteroclita</i>	<i>Cyrtina heteroclita</i>	+	+					
<i>Bifida lepida</i>	<i>Retzia? lepida?</i>	+						
<i>Retzia submelonica</i>	— <i>melonica</i>			+				
<i>Atrypa reticularis</i>	<i>Atrypa reticularis</i>	+		+				
— <i>aspera</i>	— <i>aspera</i>	+			+		+	
<i>Rhynchon.? subcuboides</i>	<i>Rhynchon. subcuboides</i>		+			+		
<i>Pentameus galeatus</i>	<i>Pentamerus galeatus</i>				+			
		10	9	7	5	3	1	2

Die Zahl von 25 Arten, welche einem Vergleich unterzogen worden sind, könnten zwar in Betracht des grossen Artenreichtums der beiden sich gegenüberstehenden Faunen als gering angesehen werden, allein es ist dabei zu berücksichtigen, dass das Harzer Hercyn, wie es von Kayser begrenzt wird, ein sehr grosses Gebiet, bestehend aus Grauwacken, Schiefeln und Kalken, jede Abtheilung durch eine gewisse Zahl eigenartiger Versteinerungen ausgezeichnet umfasst, und die Fauna der Kalke jenes Gebietes doch nur in Betracht kommen kann. Aber selbst von den Harzer Kalken ist nur ein Theil in unserm Gebiet durch das Vorkommen gleicher oder ähnlicher Arten vertreten. Es fehlen vollständig die Formen des Cephalopodenkalkes von Hasselfelde; die Kalke des Joachimskopfes, des oberen Sprackelbaches und von Ilsenburg sind nur durch wenig gemeinsame Formen ausgezeichnet, und diese wenigen, wie *Atrypa aspera*, *Strophomena rhomboidalis*, *Pentamerus galeatus*, haben, weil Silur und Devon ausdauernd bei der vorliegenden Frage keine Bedeutung, während die Kalke des Scheerenstiegs, Klosterholzes und von Mägdesprung eine grössere Zahl vergleichbarer Arten enthalten. Eine Aequivalenz würde demnach auch nur zwischen den letztgenannten Kalken und denen bei Waldgirmes in Betracht gezogen werden können.

Wenn auch bei einer scharfen Kritik, welche mit Absicht geübt wurde, unter den 25 soeben untersuchten Arten der rheinischen und Harzer Kalke sich Verschiedenheiten genug gezeigt haben, um eine Identität der grösseren Zahl der Formen gerade nicht aussprechen zu können, so muss späteren vergleichenden Untersuchungen vorbehalten bleiben, wie weit in einzelnen Verschiedenheiten nur locale Abänderungen zu erkennen sind. Zweifellos bestehen sehr beachtenswerthe Beziehungen darin, dass beide Faunen aus einer Mischung mitteldevonischer Formen mit böhmischen, theils identischen, theils ähnlichen bestehen, dass auch unser Kalk einen hercynischen Charakter im Sinne Kayser's hat. Dieser Charakter zeigt sich ferner in dem Auftreten einer grossen Zahl von Capuliden in beiden Gebieten, während in Bezug auf das Vorhandensein gemeinsamer Arten die Thatsache Beachtung verdient, dass zwei Formen, die *Cypricardinia crnicostata* und *Rhynchonella? subcuboides*, den beiden Gebieten ausschliesslich angehören. Die einzige Form, welche einen gemeinsamen Horizont etwa in Frage stellen könnte, ist der *Phacops fecundus* Kayser's. Allein nachdem oben ausgeführt worden ist, dass der letztere durchaus nicht als ein typischer *fecundus* gegenüber dem mitteldevonischen *latifrons* gelten kann, scheint mir die Aequivalenz unseres Kalkes mit gewissen Kalken des Harzes, insbesondere denen des Scheerenstiegs, Klosterholzes

und bei Mägdesprung sehr wahrscheinlich zu sein. Daraus würde zu folgern sein, dass die Fauna der erwähnten Harzer Kalke eine grössere Verwandtschaft mit derjenigen der Kalke bei Waldgirmes haben, wie mit der des Greifensteiner Kalkes, mithin wenigstens einzelne Theile des Harzer Hercyn mitteldevonisches Alter haben.

Mit dem Ergebniss dieser vergleichenden Untersuchungen steht aber in innigem Zusammenhang die Frage, was überhaupt unter Hercyn zu verstehen sei. Ist diese Frage schon in paläontologischem Sinn schwer zu lösen, denn meine gegenwärtigen Untersuchungen rheinischer Kalke, sowie auch theilweise die Arbeit von Kayser über das Harzer Devon haben nur die Zahl im Mitteldevon verbreiteter Arten des böhmischen Beckens vermehrt, ohne der Fauna ihr mitteldevonisches Alter zu nehmen, so wird die Frage noch schwieriger, wenn man das sogenannte Hercyn geologisch begrenzen will. Vorerst weiss ich weder nach unten — verschiedene Stufen des böhmischen Beckens sollen ja auch dazu gehören¹⁾ — noch nach oben eine Grenze zu finden.

Die Beziehungen der Fauna unseres Kalkes zu mitteldevonischen Faunen anderer Gegenden.

Während die vergleichenden Untersuchungen unserer Fauna mit derjenigen des böhmischen Beckens, des sogenannten Harzer Hercyn und des Greifensteiner Kalkes, bei der eigenthümlichen Zusammensetzung unserer Fauna ein besonderes Interesse in Anspruch nahmen, und zur Beurtheilung der gegenseitigen Altersfrage der hierbei in Frage kommenden Ablagerungen es für nothwendig erachtet wurde, die Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten in der Ausbildung der einzelnen Arten einer eingehenden Prüfung zu unterziehen, kann wohl die Vergleichung mit äquivalenten Faunen anderer Gegenden etwas kürzer gefasst werden und möge im Allgemeinen genügen, nach dem Auftreten bestimmter Arten den entsprechenden Horizont zu bezeichnen. Hierzu reicht aber eine vergleichende Untersuchung über die Vertheilung der Arten der wichtigeren Thierklassen vollständig aus und soll und muss sich im Ganzen umsomehr hierauf beschränkt werden, als mir das Material zu weitergehenden Untersuchungen vielfach fehlt.

¹⁾ Kayser, l. c. Seite 254.

1. Die Eifel.

Der Fauna der Kalke von Waldgirmes gehört eine grössere Zahl von Arten an, welche aus den mitteldevonischen Kalken der Eifel nicht bekannt sind. Es sind dies nicht nur Formen des böhmischen Beckens, sondern auch mitteldevonische Formen anderer Länder. Eine weitere Erscheinung ist die, dass unserem Kalk die in der Eifel durch die Häufigkeit ihrer Vorkommen ausgezeichneten Brachiopoden *Spirifer speciosus*, *Spirigera concentrica*, *Spirifer laevicosta* u. a. vollständig fehlen, der *Spirifer concentricus* nur in wenigen Exemplaren gefunden wurde, dagegen andere dort seltener vorkommende Arten, wie *Spirifer Urii*, *Rhynchonella acuminata* und *triloba* häufig oder in ausserordentlich grossen Exemplaren sich finden.

Auch unsere Korallenfauna zeichnet sich durch mehrere aus der Eifel nicht bekannte Arten, durch die Häufigkeit verschiedener *Amplexus*-Arten und das seltene Vorkommen der für den Eifeler Kalk charakteristischen *Cyathophyllen* aus.

Allein weder das Auftreten neuer Arten, noch die Verschiebungen in der Häufigkeit des Auftretens mehrerer mitteldevonischen Arten, sind für die Altersbestimmung unserer Kalke von besonderem Einfluss.

In meinen ersten Mittheilungen über die Fauna des Kalkes der Grube Hainau haben die vergleichenden Untersuchungen der Vertheilung der Arten im Eifeler Mitteldevon zu dem Resultat geführt, dass unser Kalk im Alter dem unteren *Stringocephalenkalk-Niveau* Kayser's gleich zu stellen sei. Obwohl mittlerweile die Zahl der aufgefundenen Thierreste unseres Kalkes sich nicht unbedeutend vermehrt hat, und die Gliederung des Eifelkalkes durch die sorgfältigen Untersuchungen der Eifelkalkmulde von Hillesheim durch Schulz¹⁾ verschiedene Modificationen erfahren hat, werden die nachfolgenden Bemerkungen ergeben, dass das Resultat der früheren Untersuchungen in Bezug auf das Alter unseres Kalkes gegenüber den verschiedenen Schichtenfolgen der Eifel genau dasselbe geblieben ist.

In die nachfolgende vergleichende Uebersicht sind nicht alle Klassen, sondern nur die Brachiopoden und Korallen aufgenommen worden, eine Auswahl, welche zur Beurtheilung fraglicher Verhältnisse vollständig ausreichend ist, zumal über die Vertheilung der Trilobiten der Eifel noch nicht genügendes Material vorliegt, die übrigen Classen aber weniger ins Gewicht fallen.

¹⁾ E. Schulz, Jahrb. d. k. prouss. geol. Landesanst. 1882.

Verbreitung der beschriebenen Arten in dem Eifelkalk.

Nach der Gliederung von Schulz.

Arten. (Die Angaben Kayser's sind durch ein × bezeichnet.)	Untere Abtheilg.				Mittlere Abtheilung.				Obere Abtheilg.				
	Südkalk.	Südkalkschiefer.	Brachiopodenkalk.	Unterer Korallenkalk.	Crinoidenschiefer.	Loogher Dolomit.	Mittlerer Korallenkalk.	Casuarischicht.	Oberer Korallenkalk.	Unterer Dolomit.	Bellerophon-schiefer	Ramosablänke.	Oberer Dolomit.
<i>Productus subaculeatus</i>		+			+			+			+		
<i>Orthis striatula</i>	+	+	+		+					+			
— <i>canalicula</i>					+								
— — <i>var. acuta</i>					+								
<i>Streptorhynchus lepidus</i>			+										
<i>Davidsonia Verneuilii</i>					×								
<i>Skenidium arcola</i>					×								
<i>Strophomena interstitialis</i>		+	+										
— <i>irregularis</i>		+	+										
— <i>lepis</i>	+	+	+		+								
— <i>rhomboidalis</i>			+										
— <i>anaglypha</i>					×								
<i>Spirifer concentricus</i>			+										
— <i>curvatus</i>	+	+	+		+								
— <i>Urii</i>					×			×					
— <i>simplex</i>			×		×				×				
— <i>canaliferus</i>			+										
<i>Spiriferina? macrochyncha?</i>			+										
<i>Cyrtina heteroclitia</i>	+		+		+				+				
— <i>Demarlii</i>					+								
<i>Merista prunum</i>	+		+		+				+				
<i>Retzia ferita</i>		+	+		+								
— <i>longirostris</i>			×		×								
<i>Bifida lepida</i>					+								
<i>Uncites gryphus</i>										+			
<i>Atrypa reticularis</i>		+	+	+	+				+				
— — <i>var. latilinguis</i>			+										
— — — <i>aspera</i>					+	+		+					

Arten. (Die Angaben Kayser's sind durch ein × bezeichnet.)	Untere Abtheilg.				Mittlere Abtheilung.				Obere Abtheilg.				
	Naher Kalk.	Naher Schiefer.	Brachiopodenkalk.	Unterer Korallenkalk.	Crinoidenschichten.	Leogher Dolomit.	Mittlerer Korallenkalk.	Calquachicht.	Oberer Korallenkalk.	Unterer Dolomit.	Dolteropromethien.	Hanoverskalk.	Oberer Dolomit.
<i>Atrypa reticul.</i> var. <i>plana</i>			+										
— — — <i>flabellata</i>			×										
<i>Rhynchon.</i> <i>parallelepipedu</i>			+										
— <i>subcordiformis</i>					×								
— <i>pentagona</i>					×								
— <i>primipilaris</i>					+								
— <i>pugnus</i>			+		+								
— var. <i>denticulatu</i>						+							
— <i>acuminata</i>					+								
— <i>aptycha</i>			×										
— <i>tetratoma</i>	+		+										
— <i>triloba</i>			+										
<i>Camarophoria rhomboidea</i>			+										
— <i>protractu</i>	+		+										
<i>Pentamerus galeatus</i>			+		+			+	+				
— <i>biplicatus</i>					×								
— <i>acutolobatus</i>					×								
<i>Stringocephalus Burtini</i>					+	+			+	+	+		+
<i>Wahlheimia Whulbornei</i>					+								
<i>Calceola sandulina</i>			+		+			+	+				
<i>Fascicularia caespitosa</i>									+				
<i>Chystiphyllum vesiculosum</i>									+	+			
<i>Pachypora cervicornis</i>					+	+			+	+			
<i>Heliolites porosa</i>	+		+	+	+								
<i>Alveolites suborbicularis</i>			+	+	+				+				
<i>Cyatophyllum cr. dites</i>				+									
	8	9	28	4	33	4		4	12	3	3		1

Aus vorstehender Übersicht, welche der Gliederung der Hillesheimer Eifelkalkmulde durch Schulz angepasst ist, geht hervor, dass in unserem Kalk der Brachiopodenkalk und die Crinoidenschichten, d. h. die oberen Lagen

der unteren Abtheilung und die unteren der mittleren Abtheilung vorzugsweise vertreten sind. Es ist genau das Resultat meiner früheren vergleichenden Untersuchungen, welche ergaben, dass unsere Fauna derjenigen der Calcaolschichten und der Crinoidenschichten Kayser's entspreche. Die folgenden jüngeren Stufen sind nur durch verhältnissmässig wenige Arten vertreten. Diese jüngeren Stufen enthalten die reiche Korallenfauna der Eifel, von welcher aus unserem Kalk zwar nur eine geringe Zahl bekannt geworden ist, allein vielleicht mit deshalb, weil der Erhaltungszustand der Korallen unseres Gebietes deren Untersuchung sehr hinderlich gewesen ist. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass unter den nicht zu bestimmenden Korallen unseres Kalkes Eifeler Arten enthalten sind. Immerhin ist selbst der obere Korallenkalk oder die oberste Stufe der unteren Stringocephalenkalkschichten Kayser's in unserem Kalk durch eine grössere Anzahl von Arten vertreten.

Wir finden neben *Calceola sandalina*, *Rhynchonella primipilaris*, *Rh. pugnus*, *Rh. acuminata* und *Davidsonia Verneuilii*, welche Arten in der Eifel nicht über die Crinoidenschicht hinausgehen, den *Stringocephalus Burtini*, *Fascicularia caespitosa*, *Cystiphyllum vesiculosum*, die beiden letzteren dem oberen Korallenkalk angehörend. Durch das Auftreten des *Uncites gryphus* reicht unsere Fauna bis in die obere Abtheilung des Eifeler Mitteldevon, und in der *Rhynchonella cuboides* ist selbst eine Art des Eifeler Oberdevon vertreten, obwohl zu bemerken ist, dass man aus dem Mitteldevon anderer Gegenden, z. B. England, diese Form auch kennt.

Wenn man nun berücksichtigt, dass unsere Fauna einem festen grauen Kalk, einem Theil des Massenkalkes der Lahn angehört, so wird man, trotzdem dass die Fauna tieferer Glieder die vorherrschende ist, in derselben das Aequivalent für den Brachiopodenkalk bis zum oberen Korallenkalk resp. den unteren Stringocephalenkalk Kayser's darin erkennen müssen.

Die genannten Stufen umfassen jedoch nicht das ganze Mitteldevon der Eifel. In der Schichtenfolge der Hillesheimer Kalkmulde bilden nach Schulz die unter dem Brachiopodenkalk liegenden Nohner Kalke und Schiefer die untersten Glieder des Mitteldevon. Diese scheinen in unserer Fauna nicht vertreten zu sein. Denn die wenigen gemeinsamen Arten gehören den Nohner Stufen nicht ausschliesslich an, sondern auch dem Brachiopodenkalk, während *Pleurodictyum problematicum*, *Chonetes sarcinulata* und *Strophomena palma* in unserem Kalk nicht gefunden wurden, *Spirifer canaliferus* endlich nur einmal auf der Grube Rothe Erde vorgekommen ist und nach Kayser als Seltenheit auch in der Crinoidenschicht sich noch findet. Die beiden Nohner

Stufen scheinen deshalb in unserem Kalk nicht vertreten zu sein, sie sind auf der rechten Rheinseite überhaupt noch nicht nachgewiesen. Nach oben lässt sich eine dem Eifeler Mitteldevon entsprechende Gliederung der rechten Rheinseite schon eher finden. Die dem oberen Korallenkalk folgende obere Abtheilung des Mitteldevon, das obere Stringocephalenkalk-Niveau Kayser's, in der Eifel aus stark dolomitisirten Kalken bestehend, ist in der Fauna des Villmarer Kalkes unschwer wieder zu erkennen. Eine grössere Zahl der tieferen Abtheilungen angehörender Brachiopoden, wie *Rhynchonella triloba*, *Camarophoria protracta*, *Strophomena lepis*, dann *Calceola sandalina* sind eingegangen, dafür erscheint eine grössere Zahl verschiedener Gastropoden-Gattungen der oberen Abtheilung. Schulz unterscheidet in letzteren vier Stufen, es ist sehr wahrscheinlich, dass diese sämtlich durch den Kalk von Villmar vertreten werden.

2. Belgien und Frankreich.

Eine Vergleichung der Fauna unseres Kalkes mit den entsprechenden Ablagerungen in Belgien und Frankreich kann in eine Betrachtung zusammengefasst werden, weil die Gliederung der devonischen Formation in beiden Ländern eine zwar von der deutschen Eintheilung abweichende, aber unter sich gleichmässige ist.

Gosselet¹⁾ theilt das Devon des nördlichen Frankreich in eine untere Etage mit 4 Zonen (Gedinien, Taunusien, Coblenzien und Eifelien), in eine mittlere, nur aus einer Zone bestehende (Givetien) und in eine obere, in sechs Zonen getheilte Etage. Diese Eintheilung wird auch von den belgischen Geologen angewendet und die dem Eifelien entsprechenden Schiefer und Kalke von Couvin in die untere Etage gestellt, während das Mitteldevon nur aus einer Zone dem Stringocephalenkalk von Givet besteht.

Vergleicht man nun die Listen der Versteinerungen dieser verschiedenen Zonen, wie sie von Mourlon²⁾ zusammengestellt sind, so kann kein Zweifel sein, dass unser Kalk den Schiefen und Kalken von Couvin im Alter gleichzustellen ist, wie folgende Liste der gemeinsamen Arten ergibt.

Proetus laevigatus Goldf.	Retzia ferita Buch.
Capulus priscus Goldf.	Pentamerus galeatus Dalm.
Cypricardinia lamellosa Sandb.	Pentamerus biplicatus Schnur.

¹⁾ Gosselet, Esq. geol. Lille 1890. S. 115.

²⁾ Mourlon, Geol. de la Belgique. T. II. Bruxelles 1881. S. 1.

Stringocephalus Burtini Defr.	Orthis canalicula Schnur.
Spirifer concentricus Schnur.	Orthis striatula Schloth.
Spirifer simplex Phill.	Strophomena interstitialis Phill.
Cyrtina heteroclita Defr.	Strophomena lepis Bronn.
Atrypa reticularis Linn.	Productus subaculeatus Murch.
Atrypa aspera Schloth.	Tenestella prisca Goldf.
Rhynchonella parallelepipedata Bronn.	Calceola sandalina Lam.
— subcordiformis Schnur.	Heliolites porosa Goldf.
— implexa Sow.	Pachypora cervicornis Goldf.
— primipilaris Goldf.	Cyathophyllum ceratitis Goldf.
— pugnus Martin.	Cystiphyllum vesiculosum Goldf.

Nun enthält diese Liste eine so grosse Zahl von Arten, welche von den deutschen Geologen als charakteristisch für das Mitteldevon angesehen werden — insbesondere wären die Rhynchonellen und Korallen als solche zu bezeichnen —, dass die wenigen mit dem Unterdevon gemeinsamen, in der Liste fett gedruckten Arten an dem Gesamtcharakter nichts ändern können, und die einzigen Arten, welche geeignet sein könnten, den Kalk von Couvin für älter zu halten wie die Kalke von Waldgirmes, wären *Spirifer cultrijugatus* und *Chonetes dilatata*, zwei Arten, welche in Deutschland auf das Unterdevon beschränkt sind. Allein diese Zahl scheint doch zu gering, um die Annahme einer Altersverschiedenheit zu rechtfertigen, sie ist es sicher, wenn man weiter in Betracht zieht, dass das Mitteldevon der belgischen Geologen, der Kalk von Givet offenbar nur der oberen Abtheilung des deutschen Mitteldevon entspricht. Denn der Kalk von Givet ist ausgezeichnet durch eine grosse Zahl von Gastropodengattungen und Megalodon-Arten, wie solche die obere Abtheilung des Eifeler Kalkes und den Kalk von Villmar kennzeichnen.

Dem gegenüber scheint mir doch nur als unwesentlich angesehen werden zu können, dass *Uncites gryphus*, ein eigentlich ein höheres Niveau anzeigender Brachiopode, in den Kalken von Waldgirmes sich schon findet. Um eine volle Uebereinstimmung der deutschen und belgischen Gliederung des Devon zu erzielen, würde demnach genügen, den Kalk von Couvin für mitteldevonisch anzusehen und würde dann derselbe die Stelle im belgischen Devon einnehmen, welche unserem Kalk als untere Zone des Mitteldevon zukommt. Die dann noch bleibenden Unterschiede in der Zusammensetzung der Faunen würden jedenfalls geringer sein wie diejenigen der gegenwärtigen Gliederung.

3. Spanien.

Zum Verständniss der Beziehungen unserer Fauna zu dem Mitteldevon Spaniens diene folgende Uebersicht der gemeinsamen Arten und ihre Vertheilung, zu welcher das bekannte Werk von Barrois¹⁾ als Grundlage gedient hat.

Arten.	Zone von Nieva.	Zone von Perrennes.	Zone von Arnao.	Zone von Moniello.	Zone der Gosseletia.	Zone von Candás.
<i>Cyathophyllum ceratites.</i>		+		+		
<i>Cystiphyllum vesiculosum.</i>			+	+		+
<i>Calceola sandalina.</i>				+		
<i>Pachypora cervicornis.</i>		+	+	+		
<i>Alveolites suborbicularis.</i>		+	+	+		
<i>Stromatopora concentrica.</i>	+	+	+	+		
<i>Fenestella prisca.</i>			+	+		+
<i>Orthis striatula.</i>	+	+	+	+		+
<i>Strophomena rhomboidalis.</i>			+	+		
— <i>interstitialis.</i>	+		+	+		
<i>Spirifer curvatus.</i>				+		
— <i>concentricus.</i>	+	+		+		
<i>Cyrtina heteroclita.</i>			+	+		
— <i>var. multiplicata.</i>				+		+
<i>Atrypa reticularis.</i>			+	+	+	+
— <i>aspera.</i>		+	+			
<i>Rhynchonella parallelepipeda.</i>			+			
<i>Pentamerus galeatus.</i>			+			
<i>Platyceras prisca?</i>		+		+		
<i>Phacops latifrons.</i>			+	+		
	4	8	14	17	1	5

Die grösste Zahl der gemeinsamen Arten findet sich demnach in den Kalken von Arnao und Moniello wieder. Diese beiden Kalke bilden bei Barrois das Eifelien, seine obere Stufe das Unterdevon. Der Kalk von Arnao

¹⁾ Barrois, Rech. s. l. terr. anc. des Ast. et. de la Gal. 1882.

wird für äquivalent mit der *Cultrijugatus*-stufe des rechtsrheinischen Devon bezeichnet, während der von Moniello der *Calceolastufe* der Eifel und dem Lenneschiefer der rechten Rheinseite gegenübergestellt wird. Darin liegt eine ziemlich gute Uebereinstimmung der Lagerungsverhältnisse der paläozoischen Schichten am Rhein und in Spanien, insoweit über den erwähnten Kalken der Gosseletia-Sandstein liegt, welcher äquivalent der oberen *Stringecephalenkalkstufe* und dem Kalk von Villmar bezeichnet wird. Unter dem Kalk von Arnao liegen die Kalke von Ferronnes als oberes Coblenzien, welche ein etwas tieferes Niveau wie die rechtsrheinische *Cultrijugatus*-stufe einzunehmen scheinen, denn *Sp. cultrijugatus* kommt darin noch nicht vor, er zeigt sich erst in dem Kalk von Arnao, welcher demnach eher unserer *Cultrijugatus*-stufe entsprechen würde.

Nun enthält freilich der Kalk von Arnao eine gewisse Zahl auch in Deutschland erst im Mitteldevon auftretender Arten, mehrere Korallen, ferner *Orthis tetragona* und *opercularis*, anderseits aber auch unterdevonische Formen, wie *Spirifer paradoxus*, *Strophomena Murchisoni* und *Sedgwickii*, so dass eine der Gliederung des deutschen Devon genau entsprechende Grenze schwer zu ziehen ist. Allein wenn man nach dem Vorkommen der bei uns für die Gliederung massgebend zu haltenden Fossilien, dem *Spirifer cultrijugatus*, dem Leitfossil? des Kalkes von Arnao und der *Calceola sandalina*, welche zuerst im Kalk von Moniello auftritt, die Grenze zwischen Unter- und Mitteldevon ziehen will, so ist unser Kalk im Alter dem von Moniello gleichzustellen, der Kalk von Arnao der *Cultrijugatus*-stufe der rechten Rheinseite. In der That enthält die Zone von Moniello die grösste Zahl der mit den Kalken bei Waldgirmes gemeinsamen Arten.

4. England.

Zur Ermittlung und vergleichenden Untersuchung des der Fauna unseres Kalkes entsprechenden Niveaus des englischen Mitteldevon diene das bekannte Werk von Davidson über die fossilen Brachiopoden Englands. In dessen Supplementband V. vom Jahr 1882 (Seite 8) theilt der genannte Forscher das englische Mitteldevon in drei Stufen, in die

- Rhynchonella cuboides* beds.
- Stringocephalus Burtini* beds.
- Calceola sandalina* beds.

Zweifellos entspricht die Fauna unseres Kalkes der mittleren, der *Stringocephalenstufe*, in welcher fast ausschliesslich sämtliche gemeinsame Arten

vertreten sind, wie folgendes Verzeichniss der theils bei Lummaton, theils bei Woolborough, zweier typischer Fundstellen dieser Zone vorkommenden Arten unseres Kalkes zeigt:

<i>Productus subaculeatus</i> Murch.	<i>Rhynchonella parrallelepipedata</i> Bronn.
<i>Orthis striatula</i> Schlot.	— <i>implexa</i> Sow.
<i>Skenidium areola</i> Quenst.	— <i>angularis</i> Phil.
<i>Strophomena interstitialis</i> Phil.	— <i>cuboides</i> Sow.
<i>Spirifer curvatus</i> Schlot.	— <i>pugnus</i> Mart.
— <i>Urii</i> Flem.	— <i>acuminata</i> Mart.
— <i>simplex</i> Phil.	— <i>triloba</i> Sow.
<i>Cyrtina heteroclita</i> Defr.	<i>Camarophoria rhomboidea</i> Phil.
— <i>Demarii</i> Bouch.	<i>Pentamerus galeatus</i> Dalm.
<i>Athyris Glassii</i> Dav.	<i>Pentamerus biplicatus</i> Schnur.
<i>Retzia longirostris</i> Kayser.	<i>Stringocephalus Burtini</i> Defr.
<i>Atrypa reticularis</i> Linné.	<i>Waldheimia Whidbornei</i> Dav.
— <i>desquamata</i> Sow.	— <i>Juvenis</i> Sow.
— <i>aspera</i> Sow.	<i>Davidsonia Verneuilii</i> Bouch.
— <i>flabellata</i> Goldf.	<i>Uncites gryphus</i> Schlot.
<i>Glassia Whidbornei</i> Dav.?	

Ausser den angeführten Arten finden sich noch die

Rhynchonella cuboides Sow.

Bifida lepida Goldf.

Camarophoria protracta Sow.,

in der oberen Stufe, den *Rhynchonella cuboides* beds. und

Atrypa latilinqvis Schnur.

Calceola sandalina Lam.

in der unteren Stufe, den *Calceola sandalina* beds. Wenn auch die von Beyrich¹⁾ früher ausgesprochene Ansicht, dass im englischen Mitteldevon die Trennung eines *Calceola*- und eines *Stringocephalen*-Niveaus sich nicht durchführen lasse, durch die neueren Untersuchungen von Davidson, wie erwähnt, dahin modificirt worden ist, dass drei verschiedene Stufen nunmehr nachgewiesen sind, so bleibt dennoch die Gliederung des englischen Mitteldevon immer noch eine viel einfachere wie diejenige der Eifel, und entspricht die Gliederung des rechtsrheinischen Mitteldevon, welche bis jetzt nur aus zwei

¹⁾ Zeitschr. d. d. g. Ges. 1869. S. 707.

bekannten Stufen, den Stufen von Waldgirmes und Villmar besteht, deshalb besser der englischen.

Die näheren Beziehungen zeigen sich noch ferner in folgenden Erscheinungen:

1) es finden sich folgende aus der Eifel nicht bekannte englische Arten in unserem Kalk:

- Athyris Glassii Dav.
- Glassia Whidbornei Dav.?
- Rhynchonella angularis Phil.
- Waldheimia Juvenis Sow.

Eine fünfte Art *Cyrtina Demarllii* Bouch. wurde neuerdings von Schulz¹⁾ in der Crinoideenschicht der Hillesheimer Mulde aufgefunden.

2) Eine grössere Zahl von Arten zeigen in ihrer Ausbildung eine grössere Uebereinstimmung mit englischen wie mit Eifeler Vorkommen. Dahin gehören unter anderen:

1. *Spirifer curvatus* Schloth.

In unserem Kalk kommen, gleichwie im englischen Mitteldevon, soweit die Abbildungen bei Davidson einen genügenden Vergleich zulassen, nur Formen mit flachem Sattel und entsprechend wenig abgelenktem Stirnrand vor, während die typische Form mit hohem Sattel, die vorherrschende in der Eifel, sich nicht gefunden hat.

2. *Rhynchonella acuminata* Mart.

Während die *acuminata* in der Eifel nur in kleinen Dimensionen als Seltenheit in der Crinoideenschicht sich findet, enthält unser Kalk an verschiedenen Fundstellen eine grössere Zahl dieser Art in grosser, den englischen Vorkommen entsprechender Ausbildung und in verschiedenen Modificationen. Neben der var. *platiloba* Sow. kommt eine noch flachere, glatte Abänderung, die *ephippia* vor, welche auf unseren Kalk beschränkt zu sein scheint.

3. *Rhynchonella triloba* Sow.

Auch diese Art findet sich im Eifeler Kalk selten und in kleinen Exemplaren, während die unsrigen die Grössenverhältnisse der englischen Ausbildungen zeigen, nur haben letztere zahlreichere Rippen.

4. *Rhynchonella cuboides* Sow.

Rhynchonella cuboides findet sich in der Eifel selten in den oberdevonischen Cuboideskalken von Büdesheim, während sie in England bereits in den

¹⁾ Jahrb. d. k. preuss. geol. Landesanst. 1882. S. 49.

Stringocephalus beds. vorkommt. Unsere Exemplare unterscheiden sich von der typischen des Oberdevon, sowie von der grösseren Zahl der englischen durch weniger zahlreiche Rippen. In unserem Kalk sind vorzugsweise vertreten die von Davidson, gewiss mit Recht als Abänderungen der cuboides angesehenen *Atrypa impleta* Sow. und *Atrypa crenulata* Sow.

5. *Rhynchonella pugnus* Mart.

In unserem Kalk hat sich diese Art, im Gegensatz zur Eifel, nicht nur sehr häufig gefunden, sondern auch in grösseren, den englischen Vorkommen entsprechenden Dimensionen. Auch in der Ausbildung besteht grosse Uebereinstimmung, wie z. B. die Varietät *anisodonta* Phil. in mehreren Exemplaren auf der Grube Hainau gefunden wurde.

6. *Atrypa reticularis* var. *desquamata* Sow.

Diese Varietät wurde entsprechend den englischen Vorkommen in viel grösseren Exemplaren wie in der Eifel gefunden, sowie auch in ihrer flachen Abänderung, der var. *compressa*.

Zu erwähnen bleibt noch, dass sich auch in dem englischen Silur eine gewisse Anzahl der in unseren Kalk übergegangenen böhmischen Formen, theils in identischer, theils in ähnlicher Ausbildung findet. Zu den ersteren gehören:

Glassia obovata Sow.

Whitfieldia tumida Dalm.

Meristella Circe Barr.

Zu den ähnlichen gehören:

Strophomena corrugatella Dav.

Pentamerus linguifer Sow.

Pentamerus galeatus Dalm.

Leptaena transversalis Wahl. u. a.

Das Vorkommen von Formen des englischen Silur in unserem Kalk ist für die Beurtheilung seiner Fauna sehr bezeichnend; man sieht sich genöthigt, für das Auftreten böhmischer Arten in erster Linie eine Erklärung nicht darin zu suchen, dass man gewisse Ablagerungen des böhmischen Beckens für jünger erklärt, sondern dass ganz andere Verhältnisse hier eingewirkt haben müssen, welche von mir früher¹⁾ in der Vorstellung erkannt wurden, dass eine Ein-

¹⁾ Die Thonschiefer d. Ruppsth. n. Jahrb. 1876 S. 845. Der Kalk b. Greif. n. Jahrb. 1880. S. 108.

wanderung fremder Arten in unser Gebiet, wahrscheinlich durch allmähliche Niveauveränderungen des Meeres veranlasst, stattgefunden haben.

Die Einwanderung silurischer Arten in unser Gebiet ist aber zweifellos vom böhmischen Becken aus erfolgt, dessen Fauna zunächst den Orthocerasschiefern und dem Greifensteiner Kalk ihren eigenthümlichen Charakter gegeben, und wie die Zusammensetzung der Fauna unseres Kalkes zeigt, auch auf diese noch mächtigen Einfluss ausgeübt hat.

Paläontologische und stratigraphische Betrachtungen über die Kalke bei Waldgirmes.

Während die in unserer früheren Arbeit über die Fauna des Rotheisensteins der Grube Hainau namhaft gemachten Arten bis auf eine neue Koralle ausschliesslich aus bekannten Formen des Eifeler Mitteldevon bestanden hatten, gehören die neu hinzu gekommenen Arten nur zum Theil dieser bekannten Fauna an, ein anderer Theil setzt sich aus Arten des böhmischen Becken, oder doch mit solchen verwandter zusammen, und der Rest besteht aus wenigstens vorerst unserm Kalk ausschliesslich angehörenden Formen.

In diesen Formen sind selbst mehrere, dem Mitteldevon bisher fremde Gattungen vertreten, zunächst die zu den Ostracoden gehörenden Gattungen *Primitia* und *Orozoe*. Die grösste Entwicklung der *Primitia* fällt in die Silurperiode¹⁾. Sie findet sich durch Reichthum an Arten in erster Linie im englischen Silur vertreten, dann folgt Böhmen, Schweden, Russland, Amerika. Aus Thüringen ist Eine Art bekannt, aus dem devonischen System kennt man, soweit meine Kenntnisse reichen, keine, während aus dem russischen Carbon Rupert Jones²⁾ eine *Primitia* Eichwaldi beschreibt. Die drei Arten unseres Kalkes füllen demnach eine Lücke in der bisher bekannten Verbreitung dieser Gattung aus. Die Gattung *Orozoe* ist überhaupt nur durch zwei Arten vertreten, durch *Orozoe mira* aus dem böhmischen Band f² von Konieprus und durch unsere *Orozoe marginata*.

Auch die Korallenfauna unseres Kalkes zeichnet sich durch Gattungen aus, deren Hauptentwicklung in die Silurperiode fällt, die Gattungen *Acan-*

¹⁾ Vergl. Barrande, *Trilobites*, S. 545.

²⁾ *Annals of Nat. His.* Bd. XV. 1875. S. 52.

thodes und Ptychophyllum. Es besteht zwar, wie mir scheint, keine volle Uebereinstimmung in dem Bau von Acanthodes, einer von Dybowsky für gewisse silurische Korallen von Estland und Livland aufgestellten Gattung und dem Bau unserer vorläufig zu dieser Gattung gestellten Korallen. Allein mit bekannten devonischen Gebilden haben dieselben gar keine Aehnlichkeit, und die Gattung Acanthodes ist zweifellos diejenige, welcher unsere Formen am nächsten stehen. Ptychophyllum endlich kennt man aus dem Mitteldevon nur in zwei Arten, dem Ptychophyllum Eifliense Kayser (Gerolstein) und unserer Art.

Allein nicht nur in dem Auftreten von dem Mitteldevon bisher fremden Gattungen liegt eine Eigenthümlichkeit unseres Kalkes, ganz besonders ist es die grosse Zahl böhmischer Arten, oder mit solchen verwandter Formen, welche unseren Kalk auszeichnen. Um übrigens irrigen Vorstellungen vorzubeugen, muss daran erinnert werden, dass unter diesen böhmischen Arten sich mehrere befinden, welche auch anderwärts, z. B. in England, im Silur vorkommen, ohne dort ins Devon überzugehen. Diese Arten sind wie bereits oben angeführt *Meristella Circe*, *Whitfieldia tumida*, *Glassia obovata* und *Pentamerus linguifer*, denen sich noch einige in unserm Kalk durch ähnliche vertretene anschliessen, wie *Strophomena corrugatella*, *Pentamerus linguifer*, *Pentamerus galeatus* und *Leptaena transversalis*. Zu den schon früher bekannten, aus dem Silur, beziehungsweise dem böhmischen Becken ins Mitteldevon übergehenden Arten, welche nach der vergleichenden Zusammenstellung bei Barrande¹⁾ für die Eifel an Brachiopoden in vier identischen und 19 ähnlichen bestehen, haben sich nicht weniger wie 32 neue Arten (darunter 20 Brachiopoden) gesellt, welche theils als identische theils als ähnliche erkannt worden sind.

Wenn trotzdem, wie die vorhergehenden vergleichenden Untersuchungen unserer Fauna mit mitteldevonischen Faunen anderer Gegenden unzweifelhaft ergeben haben, der Kalk von Waldgirmes mitteldevonischen Alters ist, so kann das Auftreten einer so reichen Zahl böhmischer Formen nur in derselben Weise eine Erklärung finden, wie die Existenz der Fauna der Orthoceras-schiefer und des Greifensteiner Kalkes im Devon. Durch die grosse Zahl neu hinzutretender, dem rheinischen Devon und böhmischen Becken gemeinsamer Arten wird die grosse Verwandtschaft der rheinischen Fauna mit der böhmischen aufs Neue bestätigt, aber nicht das Alter, weder der rheinischen noch der böhmischen

¹⁾ Barrande, *Brach. Et. loc.* S. 346.

Kalke alterirt, oder der Verwandtschaftsgrad etwa in der Weise verändert, dass man Aequivalenz rheinischer und böhmischer Ablagerungen daraus folgern könne. Der unzweifelhaft mitteldevonische Charakter unserer Fauna schliesst diese Annahme aus. Es lässt sich aus den bis jetzt gewonnenen Erfahrungen nur der Schluss ziehen, dass die Beziehungen des rechtsrheinischen Devon zu dem böhmischen Becken weit innigere sind, wie die irgend einer anderen Gegend, selbst wie mir scheint der Harz nicht ausgenommen. Denn ob alle von Kayser unter einer hercynischen Fauna zusammengestellten Schichtenfolgen vom Alter unseres Kalkes sind, ist mir zweifelhaft.

Durch unsere Fauna ist aber die Zeit, in welcher diese engen Beziehungen geknüpft wurden, genau fixirt, sie kann nur während der Ablagerung der oberen Schichten des Unterdevon und der unteren des Mitteldevon stattgefunden haben, oder man müsste verschiedene Perioden annehmen, in welchen böhmische Arten am Rhein in grösserer Zahl erschienen sind.

Nach der Schichtenfolge der rechten Rheinseite sind die Orthocerasschiefer zweifellos, der Kalk bei Greifenstein nach den Lagerungsverhältnissen sehr wahrscheinlich, nach der Zusammensetzung seiner Fauna ganz sicher älter wie der Kalk von Waldgirmes. Wenn man nun aus naheliegenden Gründen die bekannte Gliederung des Eifeler Devon auf die Lagerungsverhältnisse am Rhein anwenden will, so hat man den Kalk von Waldgirmes für äquivalent mit dem Brachiopodenkalk und höheren Stufen des Eifeler Mitteldevon anzusehen. Ein zweites gemeinschaftliches, im Alter gleiches Niveau ist die *Cultrijugatus*-stufe, die jüngste Ablagerung des Unterdevon. Zwischen dieser und dem Brachiopodenkalk liegen nach Schulz in der Eifel als untere Glieder des Mitteldevon die Nohner Schiefer und Kalke. Man hat demnach nur die Wahl, die mächtige Ablagerung der Orthocerasschiefer, zu welcher auch der Schieferzug bei Greifenstein zu rechnen ist, für ausschliesslich äquivalent mit den beiden Nohner Stufen zu halten, oder die oberen Ablagerungen des Unterdevon mit in die Aequivalenz zu ziehen, mit anderen Worten eine Parallelbildung mit diesen anzunehmen.

Bei Beurtheilung der Aequivalenz gewisser Schichtenfolgen im devonischen System darf auf petrographische Beschaffenheiten kein grosses Gewicht gelegt werden. Es kommt daher gar nicht darauf an, ob die Nohner Schiefer das Aussehen der Orthocerasschiefer haben oder nicht. Ebenso wenig würde die Unterlagerung der Nohner Schiefer durch unreine knollige Kalke, schiefrige Kalke und kalkige Schiefer von der Annahme abhalten können, dass Aequivalenz der Nohner Stufen und der Orthocerasschichten bestehe, man könnte sogar einwenden, dass

die Nohner Kalke in dem Kalk bei Greifenstein oder wenigstens in den Plattenkalken dieses Gebietes vertreten seien. Ohne paläontologische Belege bleiben Gliederungsversuche immer sehr problematisch. Ein Vergleich der Faunen der in Frage stehenden Ablagerungen führt aber zu keinem positiven Resultat. Die Fauna der Nohner Stufen hat mitteldevonischen Charakter, welcher durch das Vorkommen von *Pleurodictyum problematicum* und *Chonetes sarcinulata* nicht geändert wird, sondern eine Anlehnung an das Unterdevon findet. Die Fauna der Orthocerasschiefer und seiner Kalke nimmt eine Ausnahmestellung im devonischen System ein, und gehören die wenigen bis jetzt daraus bekannten devonischen Formen theils dem Unterdevon (*Nucula Krotonis* und *Nucula Krachtae*) theils dem Unter- und Mitteldevon gemeinsam an (*Atrypa reticularis*, *Strophomena rhomboidea*, *Pleurodictyum problematicum*). Dass die angeführten Formen ein unterdevonisches Alter der Orthocerasschichten vermuten lassen ist zweifellos. Die einzigen, den Nohner Stufen und Orthocerasschichten gemeinsamen Arten aber sind *Atrypa reticularis* und *Pleurodictyum problematicum*. Demnach lässt sich keine übereinstimmende paläontologische Gliederung durchführen. Der von Follmann¹⁾ für die Schichten von Olkenbach erkannten Ueberlagerung der Cultrijugatustufe durch die Orthocerasschiefer steht die Thatsache gegenüber, dass im rechtsrheinischen Gebiet diese Ueberlagerung allgemein gültig nicht angenommen werden kann. Die Auffindung des *Spirifer cultrijugatus* im Liegenden der Orthocerasschiefer bei Balduinstein durch Dr. Koch ist kein Beweis für eine solche allgemeine Gliederung. Gerade der Uebergang der oberhalb Balduinstein sich auskeilenden Orthocerasschiefer im mitteldevonischen? Massenkalk, und das damit verbundene Auftreten der Fauna der Cultrijugatusstufe im Orthocerasschiefer, während bei Laurenburg und am Westend dieses Schieferzuges ältere Glieder des Unterdevon die Unterlage bilden, führte mich neben anderen Gründen zur Annahme eine Parallelbildung der Orthocerasschichten mit den oberen Stufen des Unterdevon, neben welchen die Nohner Stufen, d. h. die unteren Stufen des Mitteldevon mit in die Aequivalenz zu ziehen sein würden. Der nunmehr folgende Versuch, die Schichtenfolge bei Waldgirmes zu entziffern, wird sich dieser Anschauung eng anschliessen, und wenn auch keine überzeugenden Beweise für die angenommene Gliederung erbracht werden können, wird man wenigstens die Möglichkeit letzterer so lange anerkennen müssen, bis in einer oder anderer Beziehung weitere Aufschlüsse gefunden worden sind.

¹⁾ Follmann, die unterdevonischen Schichten von Olkenbach 1882.

Im rheinischen System lassen sich trotz aller Schichtenstörungen ausserordentlich häufig die einzelnen Schichtenzüge in der Richtung des Streichens auf lange Strecken verfolgen. Dieses Verhalten, in Verbindung mit der Vorstellung, dass das Auftreten der Eruptivgesteine des Systems, der Diabase und Porphyre im Ganzen keine Aenderung der Lagerungsverhältnisse bewirkt haben, im Gegentheil sich als Zwischenlagerungen eingeschoben finden, welche den später erfolgten Schichtenstörungen in gleicher Weise unterworfen waren wie die klastischen Gesteinsmassen, dieses Verhalten bildet die Grundlage der nachfolgenden Untersuchungen über die Lagerungsverhältnisse des Schichtentheiles bei Waldgirmes. Die Untersuchungen wurden nur auf ein kleines Gebiet ausgedehnt, nicht weiter wie nothwendig, um den Zusammenhang der bei Waldgirmes in nächster Nähe unseres Kalkzuges gelegenen Schichten aufzuklären. Einestheils würden weitergehende Untersuchungen nicht in den Rahmen einer paläontologischen Arbeit passen, und dann haben detailirte Untersuchungen kleiner Strecken den Vorzug, dass sich das Resultat derselben, wenn es den thatsächlichen Verhältnissen entspricht, leicht weiter ausdehnen lässt, während eine irrthümliche Auffassung keinen grossen Schaden verursacht und keine grosse Verwirrung anrichtet.

Beginnen wir mit der ältesten Ablagerung unseres Gebietes, welche auf der geologischen Karte für Rheinland und Westalen als ältere rheinische Grauwacke bezeichnet ist und sich nördlich Waldgirmes erhebt. Diese wird von dem Weg, welcher von Waldgirmes nach Rodheim führt, unmittelbar hinter dem Ort beginnend, in ihrer ganzen Querausdehnung bis zur Einmündung des Gemeindeweges von Naunheim durchschnitten. Dieser Zug besteht aus schiefriger Grauwacke mit Zwischenlagern von Grauwackesandstein, hat das normale Südweststreichen und fällt südlich ein. Versteinerungen wurden nur an einer Stelle in einem schmalen Sandsteinband gefunden, die Arten werden später namhaft gemacht werden. Die Ostgrenze bildet der Lauf des Schwalbenbaches, die Westgrenze der Hanstetterbach, welche beide Wasser, entgegengesetzt der Streichrichtung parallel südöstliche Richtung einhaltend, der ganzen Ablagerung eine gleichmässige Längenausdehnung von 2000 Meter geben.

Während das Westende von Dilluvium bedeckt ist und unter dieser Decke fortziehend gedacht werden kann, setzen im Oststreichen, wie erwähnt durch den Schwalbebach scharf geschieden, milde dünnblättrige Thonschiefer

auf, petrographisch von der älteren Grauwacke verschieden und auf der Karte als Kulmschiefer bezeichnet. Für diese Erscheinung kann man Schichtenstörung resp. Verschiebung annehmen oder Erosion, in Folge deren zwischen Schwalbenbach und Hanstetterbach das tiefere Niveau zu Tage getreten ist. Diese Frage ist hier von untergeordneter Bedeutung, weil ausserhalb des von mir begrenzten Gebietes liegend. Dagegen ist von grosser Bedeutung, dass der erwähnte Grauwackezug im Südstreichen südlich des Kalkes beim Kloster Altenberg bei dem Ort Steindorf auf der linken Lahnseite aus dem Alluvium der Lahu wieder heraustritt, demnach mit den verschiedenen Kalkmulden unseres Gebietes dieselbe Streichrichtung hat. Die aufgefundenen Versteinerungen lassen keinen Zweifel, dass der Grauwackenschiefer von Steindorf der südliche Ausläufer desjenigen von Waldgirmes ist.

An beiden Punkten fanden sich:

<i>Natica</i> sp.	<i>Spirifer paradoxus</i> Schloth.
<i>Crania</i> sp.	<i>Cyrtina heteroclitica</i> Debr.
<i>Bellerophon lineatus</i> Goldf.?	<i>Anoplothea venusta</i> Schnur.
<i>Rhynchonella livonica</i> Buch.	<i>Chonetes sarcinulata</i> Schloth.
	<i>Pleurodictyum problematicum</i> Goldf.

Ferner bei Waldgirmes:

<i>Cryphaeus calliteles</i> Green.	<i>Nucula Krachtae</i> Römer.
------------------------------------	-------------------------------

Bei Steindorf:

<i>Orthoceras planoseptatum</i> Sandb.	<i>Orthis striatula</i> Schloth.
<i>Conocardium retusum</i> Maurer.	<i>Atrypa reticularis</i> Linn.
<i>Spirifer curvatus</i> Schloth.	<i>Stroptorhynchus umbraculum</i> Schloth.
— <i>avirostris</i> Kranz.	<i>Strophomena explanata</i> Sow.

Die Zahl der mitgetheilten Arten ist zwar nicht bedeutend und lässt sich in deren Zusammensetzung keine bestimmte Stufe wiedererkennen, allein unter den Versteinerungen findet sich keine die oberen Stufen charakterisirende Art, während bei Steindorf der *Spirifer avirostris* Kranz gefunden wurde, eine bis jetzt nur aus den Schiefen von Meuzenberg bekannte Art. Die Schiefer von Meuzenberg gehören aber einem tiefen Niveau des rheinischen Unterdevon an. Kayser hält sie für äquivalent mit dem Taunusquarzit. Ein so hohes Alter hat nun die schiefrige Grauwacke bei Waldgirmes und Steindorf nach der Zusammensetzung ihrer Fauna nicht, allein es spricht die Wahrscheinlichkeit dafür, dass dieser Grauwackenzug einem tieferen Niveau des rheinischen Unterdevon, etwa der Stufe III, der unteren Grau-

wacke¹⁾, welcher er auch petrographisch nahe stellt, angehören. — Im Anschluss an diese Untersuchungen wäre zu erwähnen, dass C. Riemann²⁾ in einem Vortrag zu Bonn das Ergebniss seiner Untersuchungen der Schiefer des Kreises Wetzlar mitgetheilt hat, und den auf der Dechen'schen Karte als Kramenzel bezeichneten Schieferzug von Garbenheim bis Nauborn südlich Wetzlar nach dem Ergebniss der an verschiedenen Stellen gefundenen Versteinerungen für oberes Unterdevon erklärt. Nordöstlich von Garbenheim fand Riemann unter anderen Arten *Spirifer speciosus* und *Strophomena taeniolata*, bei Nauborn den *Spirifer cultrijugatus* und *Strophomena subarachnoidea*. Die oben erwähnten Fundstellen von Versteinerungen bei Waldgirmes und Steindorf scheinen nun demselben Schieferzug als nördliche Grenze, aber einer älteren Zone des rheinischen Unterdevon anzugehören, und wären weitere Untersuchungen in dieser Richtung zur Beurtheilung der Lagerungsverhältnisse der Schichten dieser Gegend von grossem Werth. Kehren wir in unser specielles Untersuchungsgebiet zurück und verfolgen wir die an den Grauwackezug Waldgirmes-Steindorf sich in nördlicher Richtung anlehnenden Schichten.

Während bei Steindorf die zwischen der schiefriigen Grauwacke und dem Kalkzug gelegenen Schichten durch den Einschnitt der Lahn beseitigt sind, folgt bei Waldgirmes mit gleichem Streichen und Einfallen ein aus verschiedenartigen Gesteinen, vorzugsweise Schiefnern, zusammengesetzter Zug, welcher bis zum Schalstein resp. Kalk reichend gewissermassen den Schlüssel zur Erkenntniss der Lagerungsverhältnisse der Schichten des Gebietes bildet. Auf der geologischen Karte von Dechen ist dieser Zug wie oben erwähnt aus Kramenzel, Labradorporphyr und Culm zusammengesetzt dargestellt, es ist demnach die ältere Grauwacke nicht in concordanter Lagerung mit dem Schalstein und Kalk gedacht, sondern als isolirte, durch jüngere Ablagerungen von diesem geschiedene Kuppe.

Unangenehmer Weise bildet gerade der Fahrweg von Waldgirmes nach Rodheim die Grenze zwischen der älteren Grauwacke und dem Schieferzug, so dass die Contactflächen nicht zu beobachten sind. Doch schliessen sich die Schiefer mit gleichem Streichen und Einfallen an und ist hier eine Schichtenstörung nicht wahrzunehmen, denn kleine Biegungen im Schiefer können als eine solche nicht bezeichnet werden. Zunächst an die Grauwacke legt sich ein dünnblättriger weicher Thonschiefer an, welcher zuerst roth gefärbt, dann helle

¹⁾ Vergl. Zeitschr. d. d. g. G. Bd. XXXV. 1883. S. 634.

²⁾ Verhandl. d. nat. Ver. Jahrg. 40. 1883. S. 91.

Farbe annimmt und von mehreren bis 1 Fuss mächtigen Bändern eines stark verwitterten Porphyrs durchsetzt wird. Viele runde Höhlungen und mitunter noch erhaltene Feldspathkörner bis zu Erbsengrösse im Gestein lassen einen Feldspathporphyr erkennen. Derselbe ist auf der erwähnten Karte als Labradorporphyr bezeichnet. Nahe dem Waldrand geht der helle Thonschiefer wieder in rothen über und an Stelle des Porphyr treten jetzt verschieden starke Bänder Kieselschiefer auf. Dieser Kieselschiefer ist theilweise von typischer Beschaffenheit, dunkelblau mit weissen Adern, theilweise verdient er die Bezeichnung verkieselter Thonschiefer, in dünne parallele Blättchen spaltbar, von grauer Farbe und unrein. Mehrere Nester phosphorhaltigen Eisens bilden die Grenze des Thonschiefers, welcher nunmehr vollständig in dunklen und hellen Kieselschiefer übergeht. In diesem Kieselschiefer tritt auch eine etwa 10 Meter mächtige Bank Plattenkalk auf und dann folgt der Schalstein, in welchem unser Kalk eingebettet liegt.

Wie bereits erwähnt wird dieser Thon- und Kieselschieferzug auf der Karte von Rheinland-Westfalen theils dem Oberdevon, theils dem Kulm angehörend bezeichnet, und haben die hellen und rothen Thonschiefer auch unzweifelhaft petrographische Aehnlichkeit mit dem Cypridinenschiefer Sandberger's, allein es ist keine Spur dieser nunmehr mit *Entomis* bezeichneten Krebschen, noch irgend eine andere Versteinering darin zu finden, während da, wo typischer Cypridinenschiefer auftritt, gewöhnlich diese kleinen Schalthiere auch gefunden werden. Es liegen desshalb, wie mir scheint, durchaus keine zwingenden Gründe vor, diesen Schiefer für eine oberdevonische Ablagerung zu halten. Doch setzen wir zunächst die Schilderung der Schichtenfolge in unserem Gebiet fort. Der Kalk tritt an mehreren Stellen muldenförmig im Schalstein auf, so dass man bei fortgesetzter Wanderung in senkrechter Richtung zum Streichen wiederholt auf mehr oder weniger breite Kalkbänder mit Versteineringen trifft, aber auch auf einen etwa 10 Meter mächtigen Zug weichen, hellgelben, dünnblättrigen Thonschiefers. Derselbe ist wenig zugänglich, weil im Wald, welcher die Bergkuppe Rothläufchen bedeckt, gelegen und von Moos überwachsen. Seine Längenausdehnung konnte nicht ermittelt werden, an der untersuchten Stelle wird er auf der Südseite von Stringocephalenkalk, auf der Nordseite von Schalstein begrenzt.

In diesem Thonschiefer wurden folgende Versteineringen gefunden:

Korallen sp.	<i>Atrypa reticularis</i> Linn.
<i>Pleurodictyum</i> sp.	<i>Orthis</i> sp., zur Gruppe der <i>circularis</i> .
<i>Cyrtina heteroclita</i> Deufr.	<i>Phacops latifrons</i> Bronn.
	<i>Proetus cornutus</i> Goldf.

Nach der Lagerung des Schiefers wie aus seinen Versteinerungen muss man annehmen, dass derselbe mitteldevonischen Alters ist.

Auch der Labradorporphyr ist in dem Schalstein durch mehrere Bänder vertreten und bildet schliesslich auf längere Erstreckung die Nordgrenze unseres Schalstein- und Kalkzuges. Die Schilderung der Lagerungsverhältnisse nach Norden weiter auszudehnen liegt nicht in meiner Absicht.

Der bei Waldgirmes zwischen älterer Grauwake und Schalstein liegende Schieferzug lässt sich, wie erwähnt, im Südstreichen nur auf kurze Erstreckung verfolgen und ist zwischen Steindorf und dem Kalk bei Kloster Altenburg vom Alluvium der Lahn vollständig bedeckt. Dagegen findet sich im Südstreichen des Kalkes bei Niederbiel der oben erwähnte helle dünnblättrige Thonschiefer mit seiner mitteldevonischen Fauna wieder. Die hier gefundenen Arten sind folgende:

Korallen sp.	<i>Cyrtina heteroclitia</i> Defr.
<i>Pleurodictyum</i> sp.	<i>Atrypa reticularis</i> Linn.
<i>Rhynchonella Orbigniana</i> Vern.	<i>Streptorhynchus ambraculum</i> Schloth.
	<i>Phacops latifrons</i> Bronn.

Auf der erwähnten Karte wird dieser Schiefer als ältere rheinische Grauwacke bezeichnet und ihm eine Längenausdehnung von Niederbiel bis zur Dill bis über Asslar gegeben, wo er sich an das Schalsteinlager von Waldgirmes anschliesst. Ob der ganze Complex aus mitteldevonischem Schiefer besteht, vermag ich vorerst nicht anzugeben, allein die Wahrscheinlichkeit spricht sehr dafür. Riemann¹⁾ schildert diesen Zug in folgender Weise:

„Der Asslar-Niederbieler Spiriferensandsteinrücken ist dadurch ausgezeichnet, dass eigentliche Grauwacken auf ihm mehr zurücktreten und Thonschiefer vorwalten. Wenn nicht die Petrefacten ihn als Spiriferensandstein genügend charakterisirten, so würde man sich versucht fühlen, ihn zum Kramenzel zu rechnen, dessen Gesteinen diejenigen des Rückens an manchen Stellen ähneln.“

Ferner hat man von Theobald „die Beschreibung eines dem Schalstein eingelagerten Schiefer- und Kalkvorkommens bei Asslar“²⁾; den Inhalt dieser Arbeit kenne ich nicht, allein aus dem Titel lässt sich schliessen, dass dieser Thonschieferzug, wie am Rothläufchen zwischen Schalstein und Kalk gelagert, sich bei Asslar auskeilt.

¹⁾ Riemann, Beschreibung des Bergreviers Wetzlar 1878.

²⁾ Riemann, l. c. Seite 113.



Einen ähnlichen Thonschiefer habe ich bereits früher unmittelbar am Bahnhof Stockhausen angetroffen und den mitteldevonischen Charakter seiner Fauna hervorgehoben¹⁾. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der letztere der südliche Ausläufer des Schieferzuges Asslar-Niederbiehl ist, und würden demnach im oberen Lahnggebiet Nassaus mitteldevonische Thonschiefer im Alter des Stringocephalenkalkes in einer Mächtigkeit auftreten, dass sie als solche weitere Beachtung verdienen.

Die vorstehend geschilderten Lagerungsverhältnisse unseres Gebietes haben ergeben, dass ein schmaler Zug älterer rheinischer Grauwacke und ein zweiter, aus Schalstein, Stringocephalenkalk und mitteldevonischem Thonschiefer bestehender Zug sich auf längere Erstreckung von Waldgirmes bis Steindorf an der Lahn unterhalb Wetzlar in parallelem Streichen sich verfolgen lassen, und dass diese beiden Züge bei Waldgirmes durch eine Zwischenlagerung getrennt sind, welche mit gleichem Streichen und Einfallen, vorherrschend aus Thonschiefer bestehend, durch das Auftreten mehr oder weniger mächtigen Bänder von Feldspathporphyr, Kieselschiefer und Plattenkalk charakterisirt ist. Sucht man nach analogen Erscheinungen im rheinischen Schichtensystem, so erinnern diese Verhältnisse zunächst sehr lebhaft an diejenigen bei Greifenstein. Die Lagerungsverhältnisse der Schichten bei Greifenstein²⁾ wurden von mir s. Z. in der Weise aufgefasst und zu erklären gesucht, dass der bekannte Schieferzug mit seiner eigenthümlicher Kalk- und Quarzitfauna eine Zwischenlagerung zwischen unterdevonischer Grauwacke (bei Wallendorf) und mitteldevonischem Kalk (bei Edingen), mithin als eine Parallelbildung der oberen Stufen des Unterdevon resp. der Orthocerasschiefer zu betrachten sei.

Die Grauwacke bei Wallendorf des Greifensteiner Zuges ist aber von der Grauwacke bei Waldgirmes und Steindorf petrographisch wenig verschieden. Erstere wurde als graue feinkörnige Grauwacke, wechsellagernd mit Bänken von Thonschiefern bezeichnet, diejenige von Waldgirmes als schiefrige Grauwacke mit Zwischenlagern von Grauwackesandstein; die petrographischen Unterschiede sind gering, jedoch lässt sich bei dem gänzlichen Mangel an Versteinerungen in der Grauwacke bei Wallendorf das Alter derselben nicht bestimmen, und in Folge dessen auch keine Aequivalenz mit dem Grauwackeschiefer bei Waldgirmes kurzer Hand annehmen, wiewohl ich beide Ablagerungen im Alter für nicht sehr verschieden halte. Es wäre noch weiter in

¹⁾ Der Kalk b. Greif. Seite 77.

²⁾ l. c. Seite 70.

Betracht zu ziehen, dass bei Waldgirmes eine concordante Lagerung der Grauwacke und der Thonschiefer nicht festzustellen ist, und bei der geringen Mächtigkeit des Thonschieferzuges leicht ein Zwischenglied fehlen, und letzteres oder ein Theil des Thonschiefers eingestürzt und von der älteren Grauwacke überlagert sein kann.

Der Kalk bei Edingen ist mit dem bei Kloster Altenburg petrographisch vollständig übereinstimmend, es ist grauer Massenkalk. Er hat zwar nur wenige Versteinerungen geliefert, allein die wenigen sind solche, welche sich auch in unsere Kalken bei Waldgirmes finden, und wurde deshalb schon in meiner Arbeit über den Kalk bei Greifenstein für denselben das Alter des unteren Stringocephalenkalkes angenommen.

Hier wie dort haben wir demnach einen Schieferzug, welcher im Liegenden ältere Unterdevonschichten, im Hangenden Stringocephalenkalk hat. Der Greifeustener Kalk und Quarzit fehlt freilich dem Schieferzug bei Waldgirmes, auch die Beschaffenheit des Schiefers ist nicht vollständig übereinstimmend, dort mehr blauer dünnblättriger Thonschiefer, hier grauer und rother weicher Thonschiefer; allein die verschiedenen Zwischenlagerungen von Kieselschiefer, Plattenkalken und Eruptivgesteinen, bei Greifenstein Hypersthenfels, bei Waldgirmes Feldspathporphyr, sind beiden Schieferzügen gemeinsam, ebenso das Vorkommen von Phosphorverbindungen, wenn auch der Phosphorit bei Greifenstein nur eine geringe Mächtigkeit hat.

Die Annahme einer Aequivalenz der Schiefer bei Waldgirmes mit denen bei Greifenstein hat aber zur Folge, dass auch die Schiefer des Ruppbachthales erstere gleich gestellt werden müssen, weil sie nach meinem Dafürhalten gleiches Alter mit dem Greifensteiner Schieferzug haben. Die Ueberlagerung derselben durch Schalstein und Kalk bei Balduinstein, das Auftreten eines Labradorporphyrganges im Schiefer zwischen den Gruben Königsberg und Langscheid im Ruppbachthal, sind den Verhältnissen bei Waldgirmes analoge Erscheinungen und unterstützen diese Annahme. Nun ist zweifellos, dass die erwähnten Analogieen zwischen dem Greifensteiner Schieferzug und dem bei Waldgirmes keinen Anspruch darauf machen können, beweiskräftige Belege für die Aequivalenz der beiden Schieferzüge zu sein, aber ebensowenig können die Schiefer bei Waldgirmes, wie oben bemerkt, als typische Cypriidenschiefer gelten, weil die charakteristischen Versteinerungen fehlen. Wenn daher nur die Möglichkeit zugegeben werden muss, dass die bei Waldgirmes und bei Edingen von Schalstein und Stringocephalenkalk überlagerten Schiefer gleichen Alters sein können, so ist der Zweck meiner Auseinandersetzungen

vorerst erreicht. Es können demnach auch versteinungsleere Thonschiefer im rechtsrheinischen Gebiet die Orthocerasschiefer ersetzen, und müsste man damit die Vorstellung verbinden, dass diese Schiefer, resp. äquivalente Schiefer auf der rechten Rheinseite, insbesondere im Osten des Gebietes — auch die Schiefer des Hausberges bei Butzbach sind hierhin zu rechnen — mächtig entwickelt sind, und wäre möglicher Weise damit auch die Thatsache zu erklären, dass trotz der Nähe des Stringocephalenkalkes die Cultrijugatusstufe mit ihrer reichen Fauna so selten im Bereich der Orthocerasschiefer angetroffen wird. Beide Zonen vertreten sich untereinander oder ergänzen sich in der Weise, dass die Orthocerasschiefer eine Tiefseeablagerung bilden, während die sehr häufig aus dem verschiedenartigsten Material zusammengesetzte Cultrijugatusstufe die entsprechende Strandbildung ist.

Vollständig in Uebereinstimmung mit der Annahme einer Parallelbildung der Orthocerasschiefer mit den oberen Stufen des Unterdevon beurtheilt Kayser¹⁾ das Alter des Hüttenroder Eisensteines, eines Bestandtheiles der Elbingroder Kalkmulde im Oberharz. Die Fauna dieses Eisensteines ist, wie diejenige unseres Kalkes, durch das Zusammenvorkommen von Stringocephalus Burtini, Uncites gryphus und Calceola sandalina ausgezeichnet. Kayser hält die Ansicht für die richtige, in dieser Harzer Kalkbildung das Aequivalent der in der Eifel getrennten Calceola- und Stringocephalenstufen zu sehen und fügt die Bemerkung bei, dass auch in der Lahngegend (Grube Hainau) die genannten Stufen nicht scharf geschieden seien. Die Calceolastufe Kaysers folgt aber unmittelbar der Cultrijugatusstufe. Der Orthocerasschiefer muss demnach die eine oder die andere Stufe vertreten, und es scheint mir, dass die Wahl der Stufe nicht schwer fallen kann, nachdem nachgewiesen ist, dass die Fauna unseres Kalkes diejenige der Eifeler Calceolastufen enthält.

¹⁾ Zeitsch. d. d. g. G. 1890. S. 677.

Nachtrag.

Nachdem die vorliegende Arbeit zum Abschluss gebracht war erschienen zwei Abhandlungen, deren Inhalt zu ersterer in enger Beziehung stehen, und welche deshalb an dieser Stelle wenigstens kurz erwähnt werden sollen. Die eine Schrift von Kayser „die Orthocerasschiefer zwischen Balduinstein und Laurenburg an der Lahn“¹⁾, berührt die Frage der Gliederung der rheinischen Devonschichten, die andere von Riemann „die Kalke des Taubensteins bei Wetzlar und ihre Fauna“²⁾ gibt Mittheilung über eine nordöstlich von Wetzlar im Stringocephalenkalk gelegene reiche Fundstelle von Versteinerungen. Beide Arbeiten sind sehr werthvolle Beiträge zur Kenntniss des rheinischen Schichtensystems in Nassau.

1) In Bezug auf die Abhandlung Kayzers erlaube ich mir insbesondere über zwei Erklärungen meine Befriedigung auszudrücken, nämlich, dass der Verfasser ein jüngeres Alter der Orthocerasschiefer nunmehr anerkennt und in einer aus verschiedenartigen Thon-, Dach-, Alaun- und Kieselschiefern zusammengesetzte Schichtenfolge, wie sie der Greifensteiner Schieferzug zeigt, in Uebereinstimmung mit der in meiner Arbeit über den Kalk bei Greifenstein entwickelten Anschauung eine den Orthocerasschiefern gleichalterige Bildung erkennt. In dieser Beziehung wird demnach mein Gliederungsversuch der Schichten bei Waldgirmes wohl keinen Widerspruch erfahren. Anders verhält es sich mit der Altersfrage der Orthocerasschiefer. Kayser hält zwar die Frage nach dem alt- oder jung-unterdevonischen Alter für gelöst, ob aber die Schiefer mit mehr Recht dem Unter- oder dem Mitteldevon zuzurechnen seien, noch unerledigt. Der Verfasser führt eine Reihe von Gründen an, welche dafür sprechen sollen, dass der rheinische Orthocerasschiefer besser zum Mitteldevon gehöre. Der vorliegenden Arbeit liegt die Ansicht zu Grunde, dass dieselben ein Glied des Unterdevon bilden. Die Frage bleibt somit unerledigt, ist aber vielleicht ihrer Lösung doch etwas näher gerückt. Auf die Schilderung und Erklärung der localen Verhältnisse im Ruppbachthal einzugehen, ist hier nicht der geeignete Ort und wird sich schon Gelegenheit

¹⁾ Jahrb. d. k. pr. geol. Landesanst. für 1883.

²⁾ N. Jahrb. f. Min. Beilage Bd. III., 1884.

finden, auf das Resultat der Untersuchungen von Kayser, welches nicht in allen Punkten mit meinen früheren Mittheilungen übereinstimmt, zurückzukommen. Ob die (Seite 17) mitgetheilte Liste der Versteinerungen als eine vollständige angesehen werden soll, ist nicht recht ersichtlich. Auffallend bleibt immerhin, dass unter die häufigsten Versteinerungen der Grube Langscheid zwar Sandbergers Varietät vittiger (*Goniatites vittatus* Kayser) aufgenommen ist, nicht aber *Goniatites subnautilus*, eine für die Orthoceraschiefer so charakteristische Art, welche in derselben Häufigkeit wie vittiger in grossen und kleinen Exemplaren vorkommt. Uebrigens freue ich mich, dass mein *Gon. verna-rhenanus* nunmehr als selbstständige Art Anerkennung gefunden hat.

2) Die Fauna der Kalke des Taubensteins bei Wetzlar wird von Riemann, wie mir scheint, mit Recht für äquivalent mit der Fauna der Kalke bei Waldgirmes erklärt, trotzdem, dass *Calceola sandalina* und *Stringocephalus Burtini* dort noch nicht gefunden wurden. Man muss berücksichtigen, dass am Taubenstein ein verhältnissmässig kleiner Raum ausgebeutet wurde und sich erst nach lange Zeit fortgesetztem Sammeln eine der Vollständigkeit näher kommende Suite von Versteinerungen zusammenbringen lässt. Damit lässt sich auch erklären, dass Riemann nur zwei, oder eigentlich nur eine Art (*Capulus Dunkeri*) namhaft zu machen im Stande ist, welche an böhmische Beziehungen der Fauna erinnert.

Verzeichniss der beschriebenen Arten.

	Seite
<i>Syringopora compressa</i> Maur.	75
— <i>expansa</i> Maur.	77
<i>Heliolites porosa</i> Goldf.	79
<i>Acanthodes retinens</i> Maur.	80
— <i>pastinatus</i> Maur.	82
<i>Amplexus tortuosus</i> Phil.	83
— <i>mutabilis</i> Maur.	84
— <i>immissus</i> Maur.	87
<i>Calophyllum serratum</i> Maur.	89
<i>Zaphrentis domestica</i> Maur.	90
<i>Lophophyllum constrictum</i> Maur.	92
<i>Ptychophyllum palmatum</i> Maur.	93
<i>Cyathophyllum ceratites</i> Goldf.	95
— <i>robustum</i> Maur.	95
<i>Campophyllum flexuosum</i> Goldf.	96
— <i>vituberans</i> Maur.	96
— <i>turbatum</i> Maur.	98
<i>Fascicularia caespitosa</i> Goldf.	99
<i>Actinocystis inflata</i> Maur.	100
<i>Cystiphyllum vesiculosum</i> Goldf.	102
— <i>vesicosum</i> Maur.	103
<i>Calceola sandalina</i> Lam.	105
<i>Puchypora cervicornis</i> Blain.	106
<i>Stromatopora concentrica</i> Goldf.	108
— <i>indubia</i> Maur.	111
— <i>turgidecolumnata</i> Maur.	112
— <i>Beuthii</i> Barg.	113
— <i>maculosa</i> Maur.	114
— <i>curiosa</i> Goldf.	116
— <i>monostiolata</i> Barg.?	116
— <i>Hainensis</i> Maur.	117
<i>Caunopora placenta</i> Phil.	121
<i>Haplocrinus stellaris</i> F. Röm.	123
<i>Serpula ramosa</i> Maur.	124
— <i>obliquilineata</i> Maur.	124



	Seite
<i>Fenestella prisca</i> Goldf.	125
<i>Polypora spinosa</i> Maur.	126
<i>Entopora alvearis</i> Maur.	127
<i>Alveolites suborbicularis</i> Lam.	129
— <i>ramosus</i> Goldf.	129
— <i>Battersbyi</i> M. Ed & H.	130
<i>Productus subaculeatus</i> Murch.	132
<i>Chonetes embryo</i> Barr.?	132, 275, 304
<i>Orthis striatula</i> Schloth.	133, 275, 304
— <i>canalicula</i> Schnur.	135
— <i>canalicula, var. acuta</i> Maur.	136, 275
— <i>arcuata</i> Phil.	137
— <i>elegantula</i> Dalm.?	138, 276
<i>Streptorhynchus? lepidus</i> Schnur.	138
<i>Davidsonia Vermeuli</i> Bouch.	139
<i>Skenidium areola</i> Quenst.	141
<i>Orthisina? Hainensis</i> Maur.	142
<i>Strophomena interstitialis</i> Phil.	144, 276, 304
— <i>irregularis</i> F. Röm.	145
— <i>lepis</i> Bronn.	146
— <i>rhomboidalis</i> Wahl.	147, 276, 304
— <i>anaglypha</i> Kays.	148
— <i>porrigata</i> Maur.	148, 277
— <i>rugosa</i> Maur.	149
— <i>conf. pecten</i> Linn.	150, 277
<i>Septaena transversalis</i> Wahl?	152, 277
<i>Spirifer concentricus</i> Schnur.	153
— <i>curvatus</i> Schloth.	153, 319
— <i>simplex</i> Phil.	155
— <i>Urii</i> Flem.	155, 277, 294
— <i>indifferens, var. obesa</i> Barr.	157, 278
— <i>indifferens, var. elongata</i> Maur.	158, 278, 294
— <i>gibbosus</i> Barr.	159, 278
— <i>gibbosus, var. extensa</i> Maur.	160
— <i>canaliferus</i> Valenc.	161
<i>Spiriferina? macrohyncha</i> Schnur.?	162, 279, 294
<i>Cyrtina heteroclitia</i> Defr.	162, 279, 305
— <i>Demarlii</i> Bouch.	164
<i>Athyris Glassii</i> Davids.	164

	Seite
<i>Merista passer</i> Barr.	166, 279, 295
— <i>prunulum</i> Schnur.	167, 279, 295
— <i>Hecate</i> Barr.	169, 280, 295
— <i>Hecate</i> , var. <i>planolata</i> Maur.	169, 296
<i>Meristella Circe</i> Barr.	170, 280, 296
— <i>upsilon</i> Barr.	172, 280
— <i>Barrandei</i> Maur.	172
<i>Whitfieldia tumida</i> Dalm.	174, 280
<i>Retsia ferita</i> Buch.	174
— <i>longirostris</i> Kays.	175
— <i>submelonica</i> Maur.	176, 281, 305
<i>Bifida lepida</i> Goldf.	178, 305
<i>Uncites gryphus</i> Schloth.	179
<i>Atrypa reticularis</i> Linné.	180, 281, 306
1) <i>Atrypa insquamosa</i> Schnur.	180
2) — <i>explanata</i> Schloth.	181
3) — <i>latingues</i> Schnur.	181
4) — <i>desquamata</i> Sow.	181, 320
5) — <i>plana</i> Kays.	182
6) — <i>asqua</i> Schloth.	183, 306
7) — <i>sagittata</i> Maur.	183
<i>Atrypa Eurydice</i> Barr.	185, 282
— <i>Philomela</i> Barr.	186, 282, 296
— <i>subcolumbella</i> Maur.	186, 282
— <i>assula</i> Barr.	188, 282
— — var. <i>levigata</i> Maur.	189
— <i>canaliculata</i> Barr.	189, 283, 296
— <i>verrucula</i> Maur.	190, 286
<i>Glassia obovata</i> Sow.	191, 283, 296
— <i>Beyrichi</i> Kays.	192
<i>Rhynchonella parallelepipedata</i> Bronn.	193
1) <i>Rhynchonella angulosa</i> Schnur.	194
2) — <i>subcordiformis</i> Schnur.	195
3) — <i>implexa</i> Sow.	195
4) — <i>pentagona</i> Goldf.	196
5) — <i>primipilaris</i> Buch.	197
6) — <i>angularis</i> Phill.	198
<i>Rhynchonella cuboides</i> Sow.	199, 320
— ? <i>subcuboides</i> Giebel.	200, 283, 306

	Seite
<i>Rhynchonella? subcuboides</i> var. <i>plana</i> Maur.	201
— <i>pugnus</i> Mart.	203, 320
1) <i>Rhynchonella pugnoides</i> Schnur.	203
2) — <i>anisodonta</i> Phill.	204
3) — <i>denticulata</i> Maur.	205
<i>Rhynchonella acuminata</i> Mart.	206, 319
— — var. <i>plicata</i> Sow.	207
— — var. <i>platiloba</i> Sow.	207
— — var. <i>ephippia</i> Maur.	207
— <i>aptycta</i> Schnur.	208
— <i>tetretoma</i> Schnur.	209
— <i>triloba</i> Sow.	210, 319
<i>Camarophoria rhomboidea</i> Phill.	211
— ? <i>protracta</i> Sow.	212
<i>Pentamerus galeatus</i> Dalm.	214, 283, 306
— <i>biplicatus</i> Schnur.	215, 284
— <i>acutolobatus</i> Sandb.	216, 284
— <i>sublinguifer</i> Maur.	218, 285
1) Hauptform	219
2) var. <i>glabra</i>	220
<i>Stringocephalus Burtini</i> Defr.	221, 286
<i>Waldheimia Whidbornei</i> Dav.	222
— <i>Juvenis</i> Sow.	223
<i>Avicula Wurmii</i> F. A. Röm.	224
<i>Conocardium aliforme</i> Sow.	225
— <i>Villmareuse</i> d'Arch et de Vern.	226
— — var. <i>carinata</i> Maur.	227
— <i>retusum</i> Maur.	227
— <i>Hainense</i> Maur.	229
<i>Cypricardinia elongata</i> d'Arch et de Vern.	230
— <i>squamifera</i> A. Röm.	231, 303
— <i>crenicostata</i> A. Röm.	232, 303
<i>Allorisma cancellata</i> Maur.	232
<i>Dentalium robustum</i> Maur.	233
<i>Pleurotomaria Orbigynana</i> d'Arch et de Vern.	234
<i>Euomphalus laevis</i> d'Arch et de Vern.	234, 303
<i>Loxonema tornatum</i> Maur.	235
<i>Littorina subrugosa</i> Sandb.	236

	Seite
<i>Capulus priscus</i> Goldf.	236, 302
— <i>immersus</i> Barr.	237, 286, 296
— <i>conf. emarginatus</i> Barr.	238, 286, 302
— <i>conf. hamulus</i> Barr.?	238, 286, 297
— <i>dormitans</i> Maur.	239
— <i>aries</i> Maur.	239, 302
— <i>Hainensis</i> Maur.	239
— <i>tuberosus</i> Maur.	240, 287, 302
— <i>Selcanus</i> Giebel?	242, 302
— <i>rigidus</i> Maur.	242, 303
— <i>quadratus</i> Maur.	243, 303
<i>Tentaculites mucronatus</i> Maur.	244
<i>Primitia pila</i> Maur.	245, 287
— <i>contusa</i> Maur.	246, 287
— <i>leviter</i> Maur.	246
— <i>fabula</i> Maur.	247
<i>Orozoë marginata</i> Maur.	247, 287
<i>Harpes macrocephalus</i> Goldf.	250
<i>Proctus subplanatus</i> Maur.	251, 288, 297, 299
— <i>informis</i> Maur.	253
— <i>consonus</i> Maur.	254, 297, 300
— <i>laevigatus</i> Goldf.	255
— <i>gracilis</i> Maur.	256
— <i>quadratus</i> Maur.	257
<i>Cyphaspis hydrocephala</i> A. Röm.	258, 300
— <i>Strengi</i> Maur.	260
<i>Phacops latifrons</i> Bronn.	261, 288, 297, 300
<i>Cheirurus gibbus</i> Beyr.?	264, 289
<i>Bronteus conf. umbellifer</i> Beyr.	264, 289
— <i>foedus</i> Maur.	267, 289
— <i>geminatus</i> Maur.	269

Inhalt.

	Seite
Literatur-Verzeichniss	63
Einleitung	67
Beschreibung der Arten	73
Anthozoa	75
Hydromedusae	107
Crinoidea	123
Bryozoa	125
Brachiopoda	132
Lamellibranchiata	224
Gastropoda	233
Crustacea	245
Allgemeine und specielle Betrachtungen und Folgerungen	271
Die Beziehungen der Fauna unseres Kalkes zu ähnlichen Faunen anderer Gegenden	273
1. Vergleichende Untersuchungen der Fauna unseres Kalkes mit der Fauna des böhmischen Beckens	274
2. Die Beziehungen unserer Fauna zu derjenigen des Greifensteiner Kalkes	293
3. Vergleichende Untersuchungen der Fauna unseres Kalkes mit der hercynischen Fauna des Harzes	298
Die Beziehungen der Fauna unseres Kalkes zu mitteldevonischen Faunen anderer Gegenden	309
1. Die Eifel	310
2. Belgien und Frankreich	314
3. Spanien	316
4. England	317
Paläontologische und stratigraphische Betrachtungen über die Kalke bei Waldgirmes	321
Nachtrag	333
Verzeichniss der beschriebenen Arten	335



ABHANDLUNGEN

DER

GROSSHERZOGLICH HESSISCHEN

GEOLOGISCHEN LANDESANSTALT

ZU DARMSTADT.

ATLAS

zu Band I. Heft 2.

Elf lithographische Tafeln mit Erläuterungen.



DARMSTADT.

IN COMMISSION BEI A. BERGSTRÄSSER.

1885.

DIE FAUNA
DER
KALKE VON WALDGIRMES

BEI GIESSEN.

VON
FRIEDRICH MAURER.

ATLAS
VON ELF LITHOGRAPHISCHEN TAFELN MIT ERLÄUTERUNGEN.



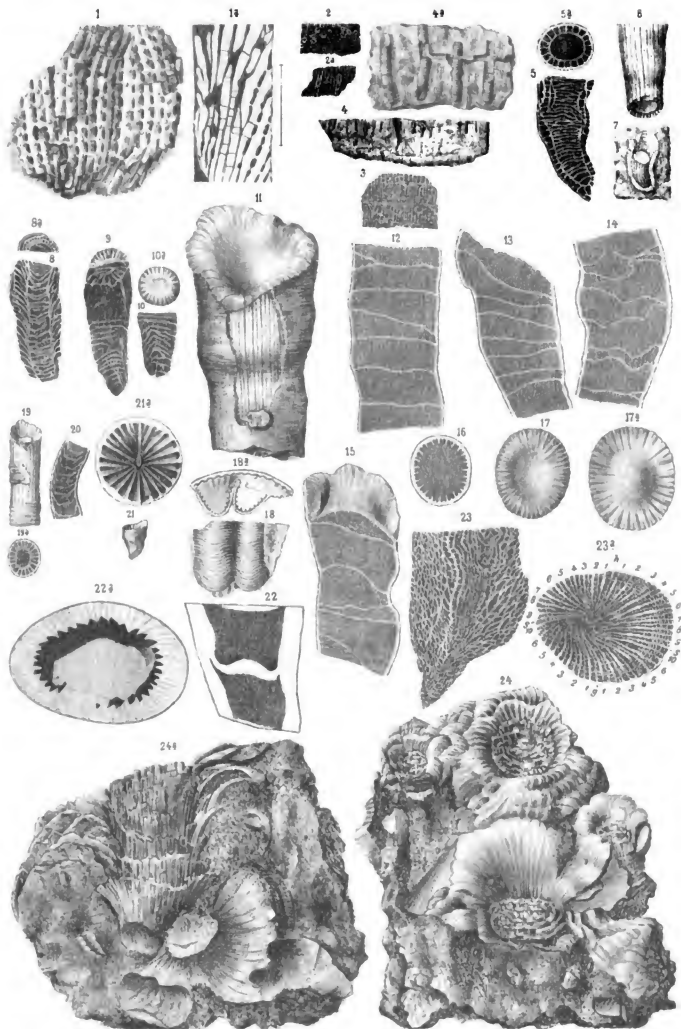
DARMSTADT.
IN COMMISSION BEI A. BERGSTRÄSSER.

1885.

6238

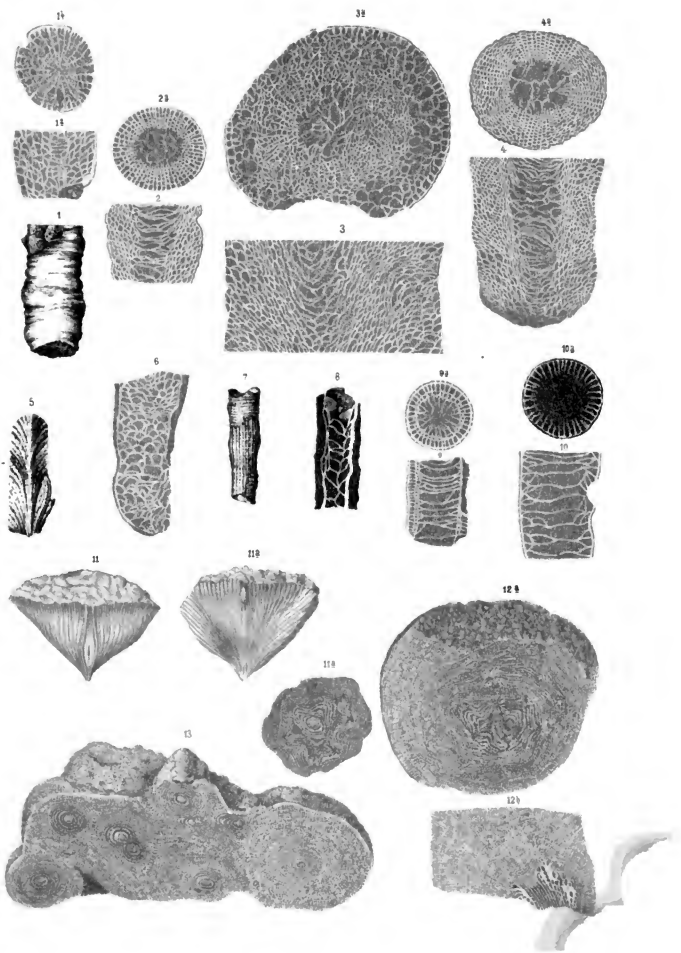
Tafel I.

- Fig. 1. *Syringopora compressa* Maur.
1. Bruchstück in zweifacher Vergrößerung.
1a. Längsschnitt eines bereits angewitterten Exemplares in zweifacher Vergrößerung.
- Fig. 2—4. *Syringopora expansa* Maur. (vergl. auch Taf. III. F. 1, 2.)
2. Querschnitt, 2a. Längsschnitt, in natürlicher Grösse.
3. Längsschnitt eines anderen Exemplares in natürlicher Grösse.
4. Längsbruch in natürlicher Grösse.
4a. Längsbruch in sechsfacher Vergrößerung.
- Fig. 5—7. *Acanthodes retinens* Maur.
5. Längsschnitt, 5a. Querschnitt in nat. Grösse.
6. Stock mit fehlender Epidermis.
7. Längsbruch eines Stockes.
- Fig. 8. *Acanthodes pastinatus* Maur.
8. Längsschnitt, 8a. Querschnitt in nat. Grösse.
- Fig. 9, 10. *Amplexus tortuosus* Phill.
9. und 10. Zwei Längsschnitte in nat. Grösse.
10a. Obere Bodenfläche in nat. Grösse.
- Fig. 11—18. *Amplexus mutabilis* Maur.
11. Stock mit theilweise erhaltener Epidermis.
12—15. Verschiedene Längsschnitte.
16. Querschliiff. 17. obere, 17a. untere Bodenfläche.
18, 18a. Zwei zusammengewachsene, an die innere Wand des Mutterpolypen sich anlehende Knospen.
- Fig. 19, 20. *Amplexus immissus* Maur.
19. Stock mit theilweise erhaltener Epidermis.
19a. Querschliiff, 20. Längsschliiff.
- Fig. 21. *Lophophyllum constrictum* Maur.
21. Exemplar in nat. Grösse, 21a. Kelch in vierfacher Vergrößerung.
- Fig. 22. *Calophyllum serratum* Maur.
22. Längsschnitt, 22a. Querschnitt in nat. Grösse.
- Fig. 23. *Zaphrentis domestica* Maur.
23. Längsschnitt, 23a. Querschnitt in nat. Grösse.
- Fig. 24. *Ptychophyllum palmatum* Maur.
24. Aeussere Gestalt. 24a. ein in der Längsrichtung aufgeschlagener Stock.
-



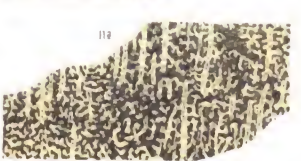
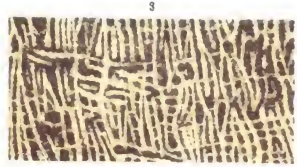
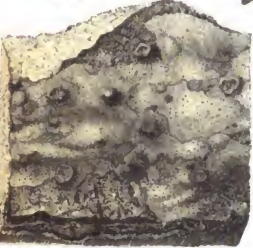
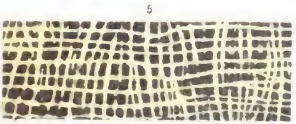
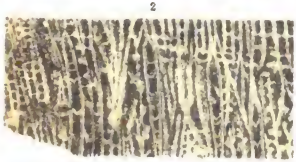
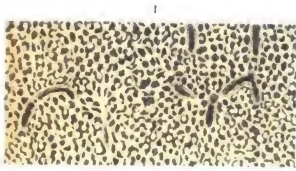
Tafel II.

- Fig. 1. *Cyathophyllum robustum* Maur.
1. Stock mit erhaltener Epithek.
1a. Längsschnitt, 1b. Querschnitt in $1\frac{1}{2}$ facher Vergrößerung.
- Fig. 2. *Campophyllum flexuosum* Goldf.
2. Längsschnitt, 2a. Querschnitt.
- Fig. 3. *Actinocystis inflata* Maur.
3. Längsschnitt, 3a. Querschnitt.
- Fig. 4. *Campophyllum vituberans* Maur.
4. Längsschnitt, 4a. Querschnitt.
- Fig. 5. *Pachypora cervicornis* Blainv.
- Fig. 6. *Cystiphyllum vesiculosum* Goldf.
Längsschnitt eines Exemplares mit grossen Blasen.
- Fig. 7, 8. *Cystiphyllum vesicosum* Maur.
7. Exemplar mit theilweise erhaltener Epidermis.
8. Längsschnitt.
- Fig. 9. *Fascicularia caespitosa* Goldf.
9. Längsschnitt, 9a. Querschnitt in doppelter Vergrößerung.
- Fig. 10. *Campophyllum turbatum* Maur.
10. Längsschnitt, 10a. Querschnitt in doppelter Vergrößerung.
- Fig. 11. *Calceola sandalina* Lam.
11. Steinkern des Kelches mit dem Abdruck des Hauptseptum, 11a. die entgegengesetzte Seite mit dem Gegenseptum.
- Fig. 12, 13. *Stromatopora concentrica* Goldf.
12. Querschnitt durch die Mitte eines Stockes.
12a. Querschnitt durch dessen Spitze.
12b. Längsschnitt desselben, mit unwachsener Koralle.
13. Querschnitt durch einen asträoidisch gebildeten Stock.
-



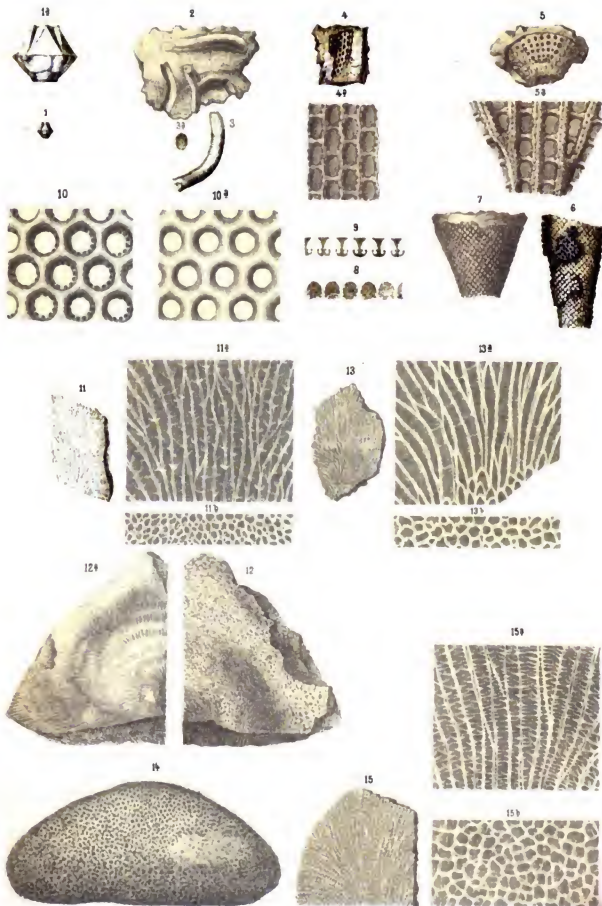
Tafel III.

- Fig. 1—3. *Stromatopora indubia* Maur.
1. Querschnitt, 2. Längsschnitt mit eingewachsener *Syringop. expansa*, in sechsfacher Vergrößerung.
3. Längsschnitt eines anderen Exemplares in sechsfacher Vergrößerung.
- Fig. 4. *Stromatopora turgidocolumnata* Maur.
Längsschnitt in sechsfacher Vergrößerung.
- Fig. 5. *Stromatopora Beuthii* Bargatzky.
Längsschnitt in sechsfacher Vergrößerung.
- Fig. 6, 7. *Stromatopora maculosa* Maur.
6. Querschnitt in nat. Grösse.
7. Längsschnitt in sechsfacher Vergrößerung.
- Fig. 8. *Stromatopora curiosa* Goldf.
Angewitterter Stock auf Alveolites *Battersbyi* aufgewachsen, in nat. Grösse.
- Fig. 9. *Stromatopora monostiolata* Barg.?
Bruchstück eines Stockes in nat. Grösse mit Querschnitt.
- Fig. 10. *Stromatopora Hainensis* Maur.
10. Oberfläche eines Stockes in nat. Grösse.
10a. Untere Fläche in dreifacher Vergrößerung.
10b. Querschnitt in dreifacher Vergrößerung.
- Fig. 11. *Caunopora placenta* Phill.
11. Querschnitt, 11a. Längsschnitt in sechsfacher Vergrößerung.
-



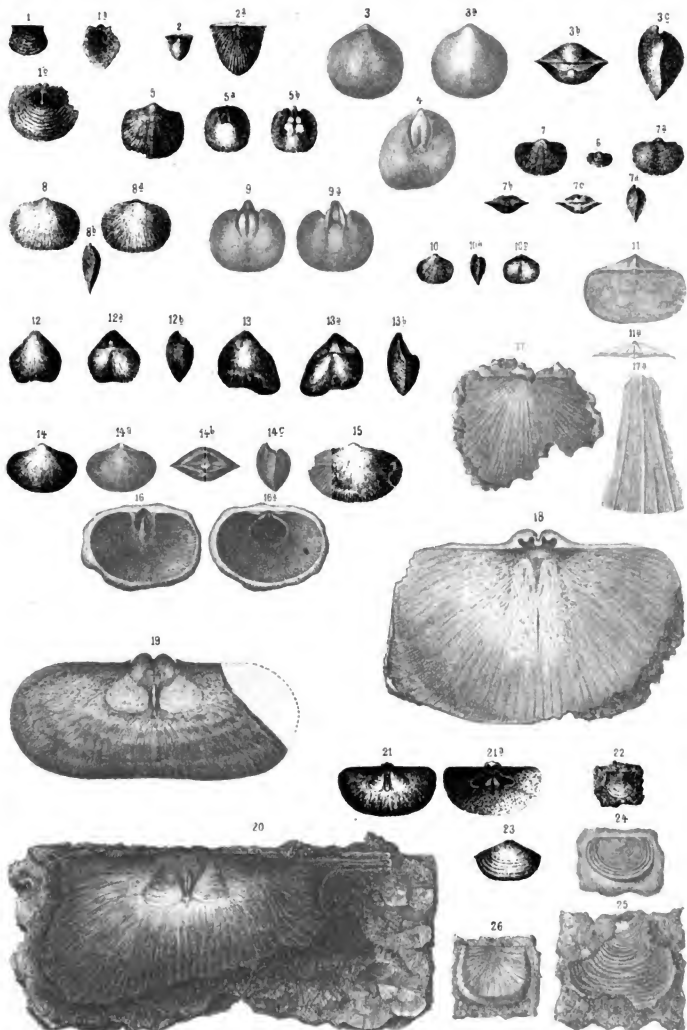
Tafel IV.

- Fig. 1. *Haplocrimus stellaris* F. Röm.
1. Exemplar in nat. Grösse, 1a. dasselbe vergrössert.
- Fig. 2. *Serpula ramosa* Maur.
- Fig. 3. *Serpula obliquilineata* Maur.
3a. Querschnitt.
- Fig. 4. *Fenestella prisca* Goldf.
4. Bruchstück in nat. Grösse. 4a. Oberfläche, nach einem Guttapercha-
Abdruck in vierfacher Vergrösserung.
- Fig. 5. *Polypora spinosa* Maur.
5. Bruchstück in nat. Grösse.
5a. Bruchstück in vierfacher Vergrösserung.
- Fig. 6—10. *Entopora alvearis* Maur.
6. Theilweise erhaltener Stock.
7. Kern mit dem Abdruck der inneren Wandfläche.
8. Vergrösserter Querschnitt eines Steinkernes.
9. Vergrösserter Querschnitt des Stockes, nach einem Guttapercha-Abdruck.
10. Vorderseite des Stockes, nach einem Modell in neunfacher Vergrösserung.
10a. Hinterseite desselben.
- Fig. 11. *Alveolites ramosus* Goldf.
11. Längsschnitt in nat. Grösse.
11a. Längsschnitt, 11b. Querschnitt in sechsfacher Vergrösserung.
- Fig. 12, 13. *Alveolites suborbicularis* Lam.
12. Obere, 12a. untere Fläche eines Stockes in nat. Grösse.
13. Längsschnitt in nat. Grösse.
13a. Längsschnitt, 13b. Querschnitt in sechsfacher Vergrösserung.
- Fig. 14, 15. *Alveolites Battersbyi* Mil. Edw.
14. Stock in nat. Grösse.
15. Längsschnitt in nat. Grösse.
15a. Längsschnitt, 15b. Querschnitt in sechsfacher Vergrösserung.
-



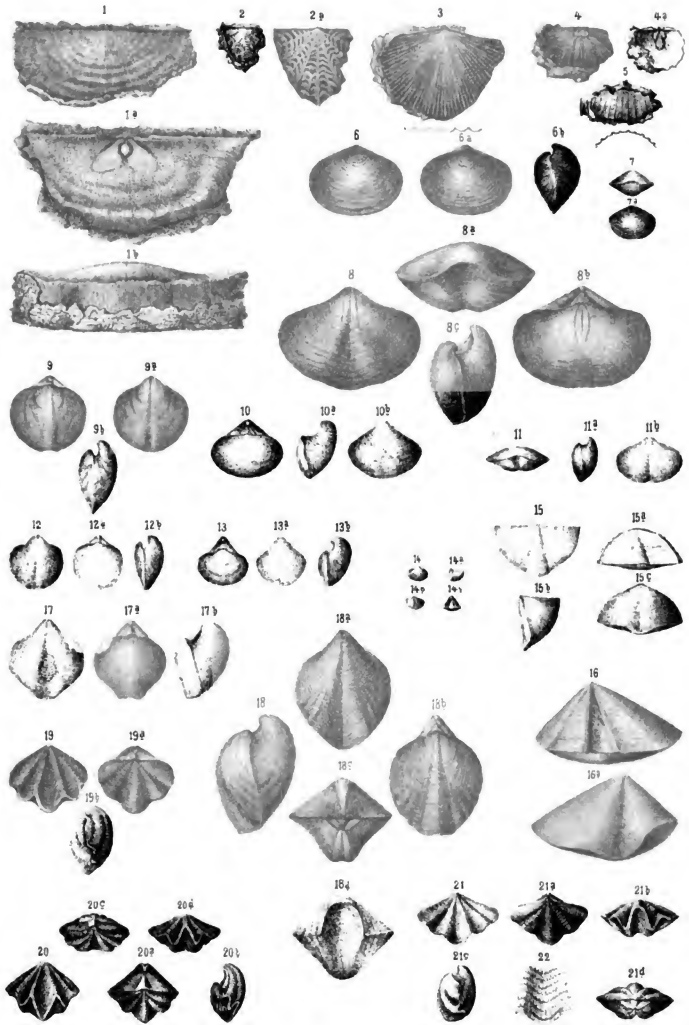
Tafel V.

- Fig. 1. *Productus subaculeatus* Murch.
1. Dorsalschale. 1a. Muskeleindrücke der Dorsalschale, 1b. Muskeleindrücke der Ventralschale.
- Fig. 2. *Chonetes embryo* Barr.?
2. Ventralschale in nat. Grösse, 2a. in doppelter Vergrößerung.
- Fig. 3, 4. *Orthis striatula* Schloth.
4. Kern mit den Muskeleindrücken der Dorsalschale.
- Fig. 5. *Orthis canalicula* Schnur.
5a. Kern mit Muskeleindrücken der Dorsalschale.
5b. Kern mit Muskeleindrücken der Ventralschale.
- Fig. 6, 7. *Orthis canalicula var. acuta* Maur.
6. Ventralseite in nat. Grösse. 7a—d. Exemplar in doppelter Vergrößerung.
- Fig. 8. *Orthis arcuata* Phill.
- Fig. 9. *Orthis elegantula* Dalm.?
9. Steinkern der Dorsalschale, 9a. der Ventralschale.
- Fig. 10. *Streptorhynchus? lepidus* Schnur.
- Fig. 11. *Davidsonia Verneuli* Bouch.
11a. Area.
- Fig. 12, 13. *Skenidium areola* Quenst.
- Fig. 14—16. *Orthisina? Hainensis* Maur.
14. Vollständiges Exemplar. 15. Exemplar mit teilweise erhaltener Schale.
16. Guttapercha-Abdruck des Steinkernes der Ventralschale, 16a. der Dorsalschale in $1\frac{1}{2}$ facher Vergrößerung.
- Fig. 17. *Strophomena interstitialis* Phill.
17a. Schalenstück vergrößert.
- Fig. 18—20. *Strophomena irregularis* F. Röm.
18. Muskeleindrücke der Dorsalschale. 19. Kern mit Muskeleindrücken der Ventralschale.
20. Exemplar mit dornförmiger Verlängerung der Schlossecken.
- Fig. 21. *Strophomena lepis* Bronn.
21. Muskeleindrücke der Ventralschale.
21a. der Dorsalschale.
- Fig. 22—25. *Strophomena rhomboidalis* Wahl.
- Fig. 26. *Strophomena anaglypha* Kays. (Isolirte Ventralschale.)
-



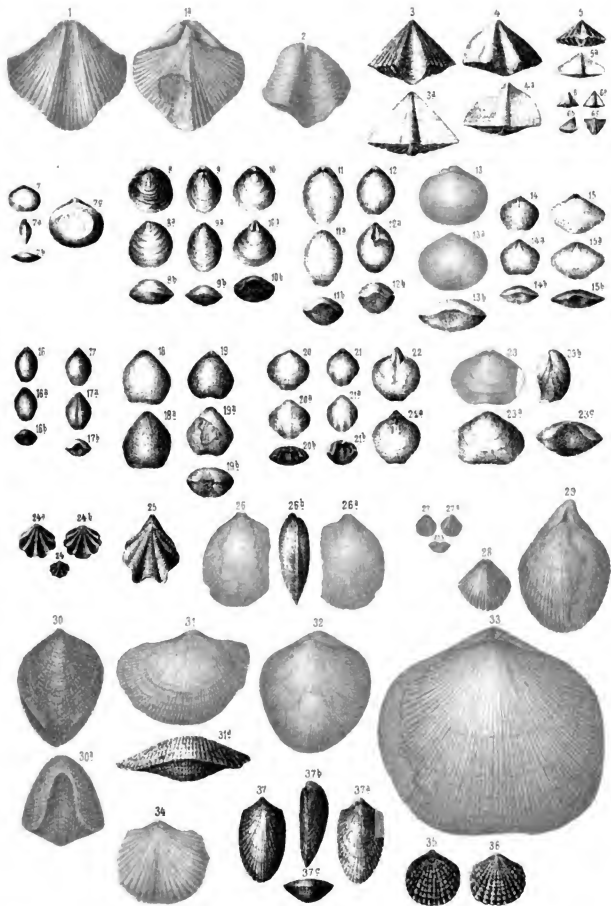
Tafel VI.

- Fig. 1. *Strophomena porrigata* Maur.
1. Theilweise erhaltene Schale nach einem Guttapercha-Abdruck.
1 a. Muskeleindrücke der Ventralschale.
1 b. Stirnseite.
- Fig. 2. *Strophomena rugosa* Maur.
2 a. Ventralschale in zweifacher Vergrößerung.
- Fig. 3. *Strophomena conf. pecten* Linné sp.
- Fig. 4, 5. *Leptaena transversalis* Wahl. sp.?
4. Muskeleindrücke der Ventralschale, 4 a. der Dorsalschale. 5. ein erhaltener Schalenteil.
- Fig. 6, 7 *Spirifer concentricus* Schnur.
- Fig. 8—11. *Spirifer curvatus* Schloth.
- Fig. 12—14. *Spirifer Urvii* Flemm.
- Fig. 15, 16. *Spirifer simplex* Phill.
- Fig. 17. *Spirifer indifferens*, var. *obesa* Barr.?
- Fig. 18. *Spirifer indifferens* Barr. var. *elongata* Maur.
- Fig. 19, 20. *Spirifer gibbosus* Barr.
- Fig. 21, 22. *Spirifer gibbosus* var. *extensa* Maur.
22. Vergrössertes Schalenstück.
-



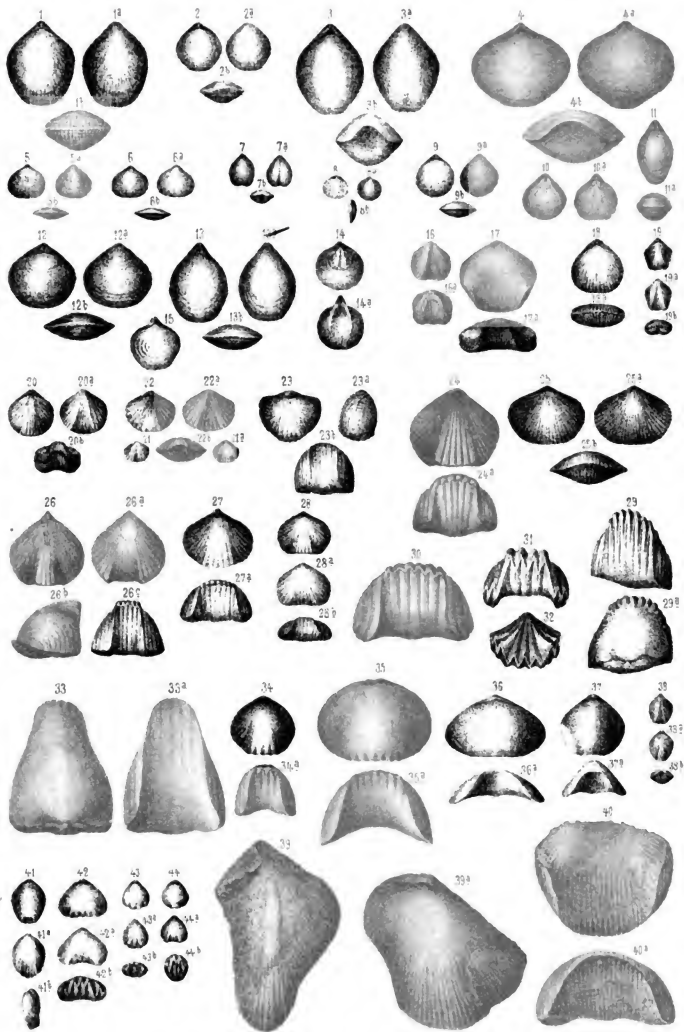
Tafel VII.

- Fig. 1. *Spirifer canaliferus* Val.
Fig. 2. *Spiriferina? macrohyncha* Schnur?
Fig. 3, 4. *Cyrtina heteroclitia* Defr.
3. Exemplar mit zahlreichen Falten in nat. Grösse.
4. Exemplar mit wenigen undeutlichen Falten in nat. Grösse.
Fig. 5, 6. *Cyrtina Demarllii* Bouch.
Fig. 7. *Athyris Glassii* Davids.
7c. Angeschliffenes Exemplar mit Spiralen, vergrössert.
Fig. 8–10. *Merista passer* Barr.
Fig. 11, 12. *Merista prunulum* Schnur.
Fig. 13, 14. *Merista Hecate* Barr.
Fig. 15. *Merista Hecate* Barr. var. *planolata* Maur.
Fig. 16, 17. *Meristella Circe* Barr.
Fig. 18, 19. *Meristella upsilon* Barr.
18. Ein wenig gedrücktes Exemplar.
Fig. 20–22. *Meristella Barrandii* Maur.
22. Steinkern der Ventralschale, 22a. Steinkern der Dorsalschale ein wenig vergrössert.
Fig. 23. *Whitfieldia tumida* Dalm.
Fig. 24. *Retzia ferita* Buch.
24a., b. Vergrössertes Exemplar.
Fig. 25. *Retzia longirostris* Kays.
Fig. 26. *Retzia submelonica* Maur.
Fig. 27. *Bifida lepida* Goldf.
Fig. 28, 29. *Uncites gryphus* Schloth.
Fig. 30–37. *Atrypa reticularis* Linné.
30. *A. insquamosa* Schnur.
31. *A. explanata* Schloth.
32. *A. latilinguis* Schnur.
33. *A. desquamata* Sow.
34. *A. plana* Kays.
35, 36. *A. aspera* Schloth.
35. Exemplar mit hoher Area, 36. Exemplare ohne sichtbare Area.
37. *A. sagittata* Maur.



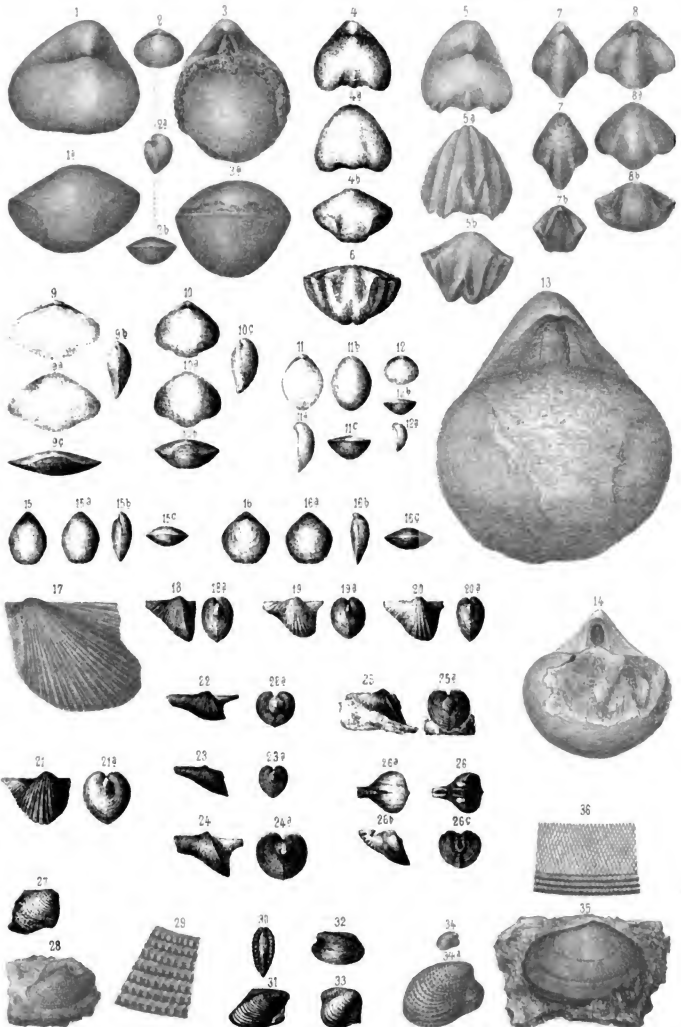
Tafel VIII.

- Fig. 1. *Atrypa Eurydice* Barr.
Fig. 2. *Atrypa Philomela* Barr.
Fig. 3, 4. *Atrypa subcolumbella* Maur.
Fig. 5. *Atrypa assula* Barr.
Fig. 6. *Atrypa assula*, var. *laccigata* Maur.
Fig. 7. *Atrypa canaliculata* Barr.
Fig. 8. *Atrypa verrucula* Maur.
Fig. 9, 10. *Glossia obovata* Sow.
10. Kern mit den Muskeleindrücken der Ventralschale, 10a. der Dorsalschale.
Fig. 11—15. *Glossia Beyrichi* Kays.
14. Kern mit den Muskeleindrücken der Dorsalschale, 14a. der Ventralschale. 15. angewittertes Exemplar mit Spiralen.
Fig. 16—22. *Rhynchonella parrallelepiped* Bronn.
16. *Rh. angulosa* Schnur. 17. *Rh. subcordiformis* Schnur. 18. *Rh. implexa* Sow. 19. *Rh. pentagona* Goldf. 20. *Rh. primipilaris* Buch. 21, 22. *Rh. angularis* Phill. (22. vergrößertes Exemplar.)
Fig. 23—25. *Rhynchonella cuboides* Sow.
23. Typisches Exemplar des Mitteldevon, etwas gedrückt.
24. *Rh. impleta* Sow. 25. *Rh. crenulata* Sow.
Fig. 26, 27. *Rhynchonella?* *subcuboides* Gieb.
Fig. 28. *Rhynch.?* *subcuboides*, var. *plana* Maur.
Fig. 29—32. *Rhynchonella pugnis* Mart.
29. *Rh. pugnoides* Schnur. 30, 31. *Rh. anisodonta* Phill. 32. var. *denticulata* Maur.
Fig. 33—36. *Rhynchonella acuminata* Mart.
34. var. *plicata* Sow. 35. var. *platiloba* Sow. 36. var. *ephippia* Maur.
Fig. 37. *Rhynchonella aptycta* Schnur.
Fig. 38. *Rhynchonella tetratoma* Schnur.
Fig. 39, 40. *Rhynchonella triloba* Sow.
Drei verschiedene, nicht vollständig erhaltene Exemplare.
Fig. 41. *Camarophoria?* *protracta* Sow.
Fig. 42—44. *Camarophoria rhomboidea* Phil.
-



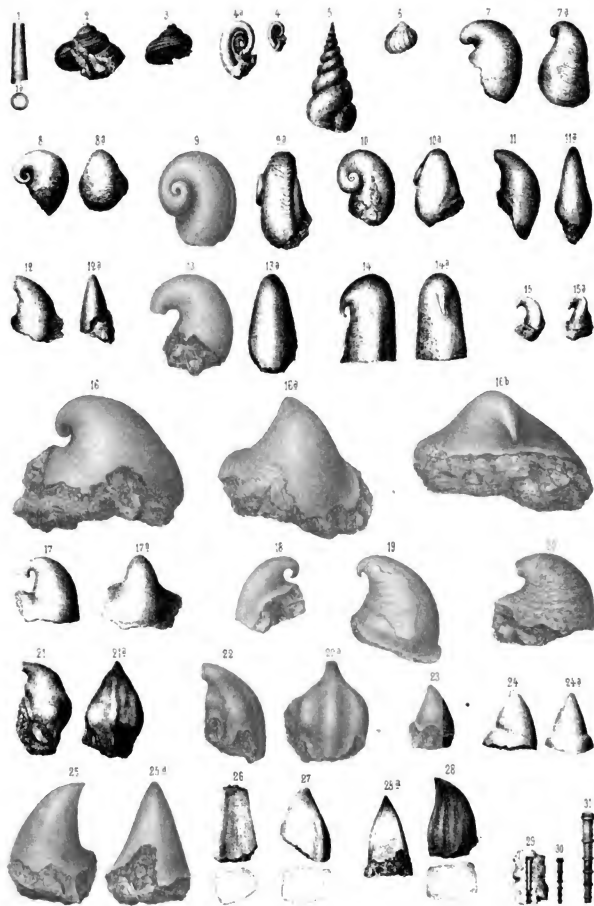
Tafel IX.

- Fig. 1—3. *Pentamerus galeatus* Dalm.
Fig. 4. *Pentamerus biplicatus* Schnur.
Fig. 5, 6. *Pentamerus acutolobatus* Sandb.
5. Ein gedrücktes Exemplar.
6. Jugendliches Exemplar?
Fig. 7, 8. *Pentamerus sublinguifer* Maur.
Fig. 9, 10. *Pentamerus sublinguifer*, var. *glabra* Maur.
Fig. 11, 12. *Waldheimia Juvenis* Sow.
Fig. 13, 14. *Stringocephalus Burtini* DeFr.
Fig. 15, 16. *Waldheimia Whidbornei* Dav.
Fig. 17. *Acicula Wurmii* A. Röm.
(Ein wenig vergrössert abgebildet.)
Fig. 18. *Conocardium aliforme* Sow.
Fig. 19. *Conocardium Villmarencense* d'Arch. et de V.
Fig. 20. *Conocardium Villmarencense*, var. *carinata* Maur.
Fig. 21. *Conocardium Haineuse* Maur.
Fig. 22—26. *Conocardium retusum* Maur.
22, 23. Exemplare aus dem Kalk der Grube Hainan.
24. Exemplar aus dem Stringocephalenkalk von Sönnenich in der Eifel.
25, 26. Exemplare aus der Cultrijugatusstufe von Niederlahnstein. (25. Schale nach einem Guttapercha-Abdruck, 26. Steinkern mit den Muskeleindrücken.)
Fig. 27—29. *Cypricardina elongata* d'Arch. et de V.
29. Vergrösserter Schalenteil nach einem Guttapercha-Abdruck.
Fig. 30—33. *Cypricardina squamifera* A. Röm.
Fig. 34. *Cypricardina crenicostata* A. Röm.
34. Exemplar in natürl. Grösse, 34a. vergrössert.
Fig. 35, 36. *Allorisma cancellata* Maur.
36. Vergrössertes Schalenstück.



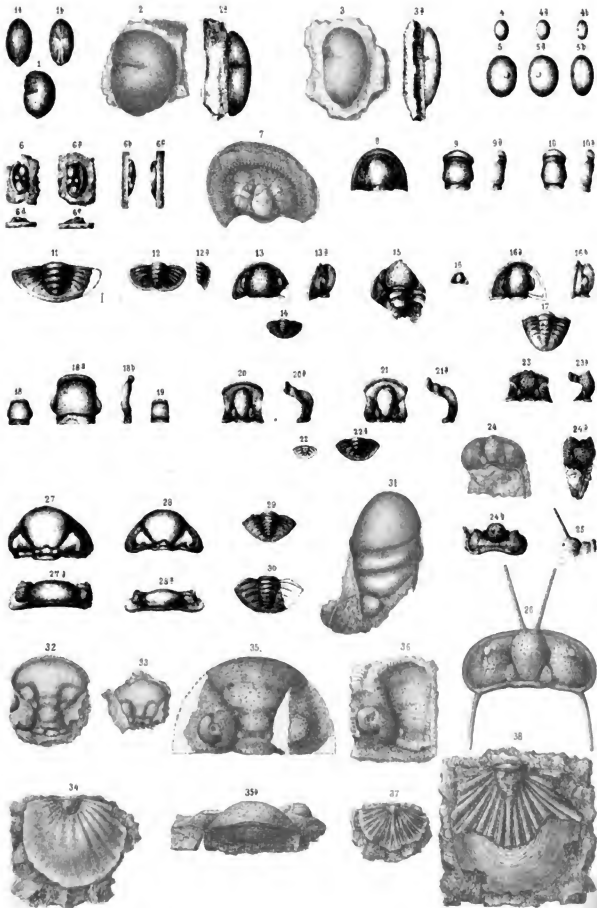
Tafel X.

- Fig. 1a. *Dentalium robustum* Maur.
Fig. 2, 3. *Pleurotomaria Orbigniana* d'Arch. et de V.
Fig. 4a. *Euomphalus laevis* d'Arch. et de V.
4a. In doppelter Vergrößerung.
Fig. 5. *Laxonema tornatum* Maur. (nat. Grösse).
Fig. 6. *Littorina subrugosa* Sandb.
Fig. 7, 8. *Capulus priscus* Goldf.
Fig. 9, 10. *Capulus immersus* Barr.
Fig. 11, 12. *Capulus conf. emarginatus* Barr.
Fig. 13. *Capulus conf. hamulus* Barr.?
Fig. 14. *Capulus dormitans* Maur.
Fig. 15. *Capulus Aries* Maur.
Fig. 16—20. *Capulus Hainensis* Maur.
16—19. Steinkerne. 20. Exemplar mit theilweise erhaltener Schale.
Fig. 21—22. *Capulus tuberosus* Maur.
Fig. 23, 24. *Capulus Sclausus* Giebel?
Fig. 25. *Capulus rigidus* Maur.
Fig. 26—28. *Capulus quadratus* Maur.
Fig. 29—31. *Tentaculites mucronatus* Maur.
29. Abdruck des Gehäuses mit dem glatten Steinkern. 30. Schale in nat. Grösse, nach einem Guttapercha-Abdruck, 31. in doppelter Vergrößerung.
-



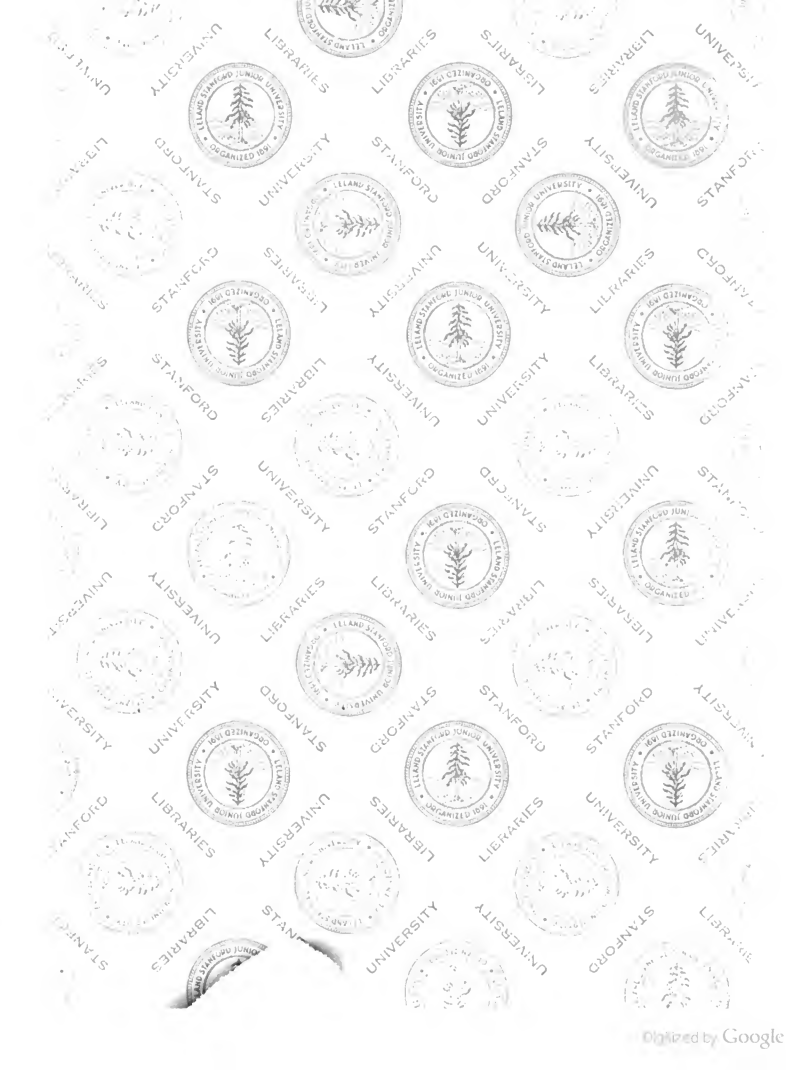
Tafel XI.

- Fig. 1a, b. *Primitia pila* Maur.
1. Linke Klappe, 1a. Ventralseite, 1b. Charnierseite.
- Fig. 2a. *Primitia contusa* Maur.
2. Linke Klappe, 2a. Charnierseite.
- Fig. 3a. *Primitia leviter* Maur.
3. Linke Klappe, 3a. Charnierseite.
- Fig. 4, 5. *Primitia fabula* Maur.
4. Exemplar in nat. Grösse. 5. vergrösserte rechte Klappe, 5a. linke Klappe, 5b. Charnierseite.
- Fig 6a—c. *Orozoe marginata* Maur.
6. Linke Klappe, 6a. rechte Klappe, 6b. Charnierseite der linken Klappe. 6c. entgegengesetzte Seite der rechten Klappe, 6d. u. e. Querprofile der beiden Klappen.
- Fig. 7. *Harpes macrocephalus* Goldf.
- Fig. 8—10. *Proctus subplanatus* Maur.
- Fig. 11. *Proctus informis* Maur. in 3 facher Vergrösserung.
- Fig. 12. *Proctus consonus* Maur.
- Fig. 13—15. *Proctus laevigatus* Goldf.
- Fig. 16, 17. *Proctus gracilis* Maur.
16. Kopf in nat. Grösse, 16a, b. in $2\frac{1}{2}$ facher Vergrösserung. 17. Pygidium in nat. Grösse.
- Fig. 18, 19. *Proctus quadratus* Maur.
18a, b. In doppelter Vergrösserung.
- Fig. 20—22. *Cyphaspis hydrocephala* A. Röm.
22. Pygidium (Steinkern), 22a. dasselbe vergrössert.
- Fig. 23—26. *Cyphaspis Strengi* Maur.
25. Vorderer Theil der Glabella mit den Dornen, von der Seite. 26. restaurirtes Exemplar in doppelter Grösse.
- Fig. 27—30. *Phacops latifrons* Brönn.
27, 28. Köpfe, 29, 30. Pygidien.
- Fig. 31. *Cheirurus gibbus* Beyr.?
- Fig. 32—34. *Bronteus conf. umbellifer* Beyr.
32. Bruchstück eines Kopfes, 33. Bruchstücke eines anderen Kopfes, 34. Pygidium.
- Fig. 35, 36. *Bronteus foedus* Maur.
35. Ziemlich gut erhaltener Kopf, 35a. derselbe von vorne. 36. Bruchstück eines anderen Kopfes (auf der Abbildung ein wenig nach rechts geneigt).
- Fig. 37, 38. *Bronteus geminatus* Maur.
37. Ein kleines Exemplar, 38. ein grösseres.









Stanford University Libraries



BRANMER
EARTH SCIENCES LIBRARY

550.6
4589
V.1
1284-85

Stanford University Libraries
Stanford, California

Return this book on or before date due.

~~NON~~-CIRCULATING

Stanford University Libraries



3 6105 008 185 384

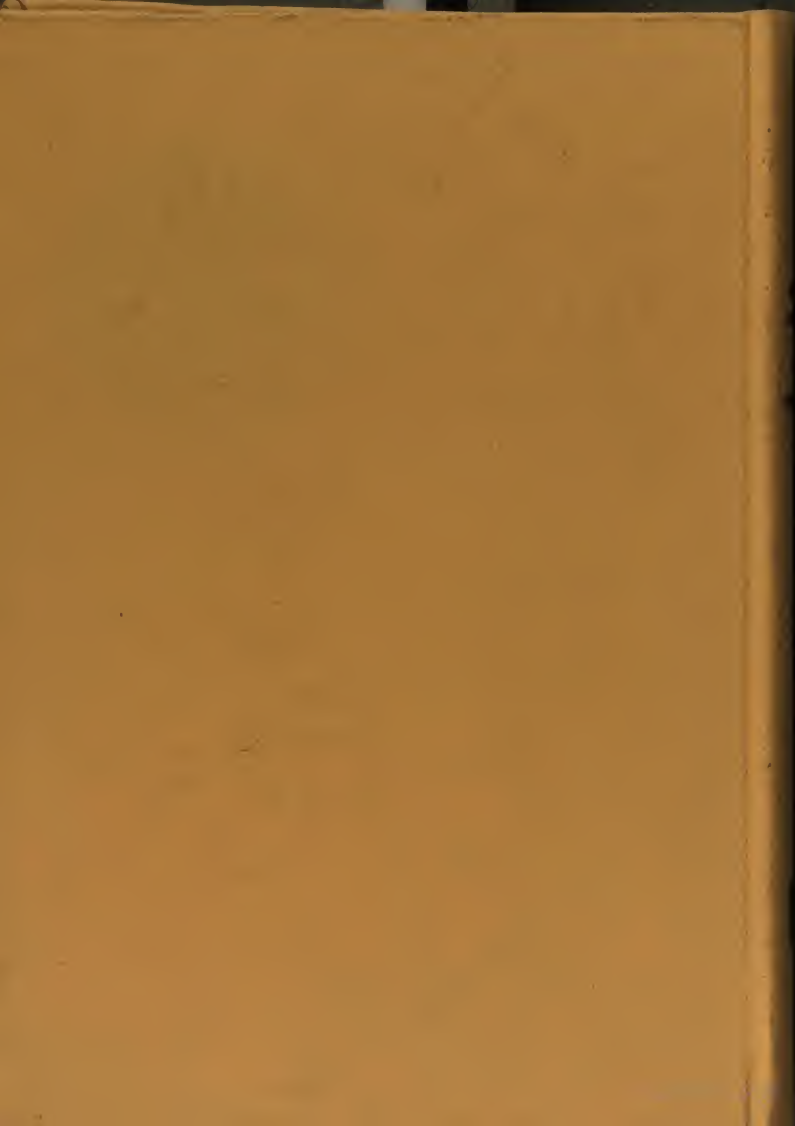
BRANNER
EARTH SCIENCES LIBRARY

550.6
#587
v.1
40.1-2
1824-85

Stanford University Libraries
Stanford, California

Return this book on or before date due.

~~NON~~-CIRCULATING



MÉMOIRES

N° 7

**CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES MASSIFS
DE FONDATION DE BARRAGES**

par

Bernard SCHNEIDER

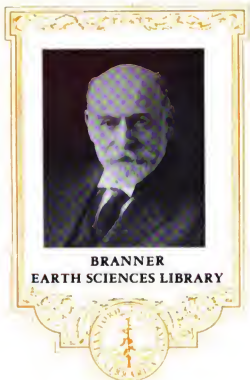
LISTE DES PROFESSEURS

DOYENS HONORAIRES	M.	FORTRAT P.	
	M.	MOREL L.	
DOYEN	MM.	WEIL L.	
PROFESSEURS TITULAIRES		NEEL L.	MAGNETISME ET PHYSIQUE DU SOLIDE
		HEILMANN R.	CHIMIE ORGANIQUE
		KRAVTCHENKO J.	MECANIQUE RATIONNELLE
		CHABAUTY C.	CALCUL DIFFERENTIEL ET INTEGRAL
		PARDE M.	POTAMOLOGIE
		BENOIT J.	RADIOELECTRICITE
		CHENE M.	CHIMIE PAPETIERE
		BESSON J.	ELECTROCHIMIE
		WEIL L.	THERMODYNAMIQUE
		FELICI N.	ELECTROSTATIQUE
		KUNTZMANN J.	MATHEMATIQUES APPLIQUEES
		BARBIER R.	GEOLOGIE APPLIQUEE
		SANTON L.	MECANIQUE DES FLUIDES
		OZENDA P.	BOTANIQUE
		FALLOT M.	PHYSIQUE INDUSTRIELLE
		GALVANI O.	MATHEMATIQUES
		MOUSSA A.	CHIMIE NUCLEAIRE
		TRAYNARD P.	CHIMIE
		SOUTIF M.	PHYSIQUE
		CRAYA A.	HYDRODYNAMIQUE
		REULOS R.	THEORIE DES CHAMPS
		AYANT Y.	PHYSIQUE APPROFONDIE
		GALISSOT F.	MATHEMATIQUES
	Mlle	LUTZ E.	MATHEMATIQUES
		BLAMBERT M.	MATHEMATIQUES
		BOUCHEZ R.	PHYSIQUE NUCLEAIRE
		LLIBOUTRY L.	GOPHYSIQUE
		MICHEL R.	GEOLOGIE ET MINERALOGIE
		BONNIER E.	ELECTROCHIMIE
		DESSAUX G.	PHYSIOLOGIE ANIMALE
		PILLET E.	ELECTROTECHNIQUE
		DEBELMAS J.	GEOLOGIE
		GERBER R.	MATHEMATIQUES

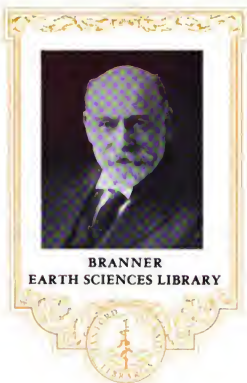
.../...

		PAUTHENET R.	ELECTROTECHNIQUE
		VAUQUOIS B.	MATHEMATIQUES APPLIQUEES
		SILBER R.	MECANIQUE DES FLUIDES
		BARBIER J.C.	PHYSIQUE
		KOSZUL J.L.	MATHEMATIQUES
		BUYLE-BODIN M.	ELECTRONIQUE
		DREYFUS B.	THERMODYNAMIQUE
		KLEIN J.	MATHEMATIQUES
		VAILLANT F.	ZOOLOGIE
		ARNAUD P.	CHIMIE
		SENGEL P.	ZOOLOGIE
		BARJON R.	PHYSIQUE NUCLEAIRE
		BRISSONNEAU P.	PHYSIQUE
Mme		KOFLER L.	BOTANIQUE
		BARNOUD F.	BIO-SYNTHESE DE LA CELLULOSE
		GAGNAIRE D.	CHIMIE PHYSIQUE
		GIRAUD P.	GEOLOGIE
		GIDON P.	GEOLOGIE ET MINERALOGIE
		PERRET R.	SERVOMECHANISMES
Mme		BARBIER M.J.	ELECTROCHIMIE
Mme		SOUTIF J.	PHYSIQUE
		COHEN J.	ELECTROTECHNIQUE
		DEPASSEL R.	MECANIQUE
		ANGLES D'AURIAC	MECANIQUE DES FLUIDES
		DUCROS P.	MINERALOGIE ET CRISTALLOGRAPHIE
		GASTINEL A.	MATHEMETIQUES APPLIQUEES
		GLENAT R.	CHIMIE
		LACAZE A.	THERMODYNAMIQUE
		BARRA J.	MATHEMATIQUES APPLIQUEES
		COUMES A.	ELECTRONIQUE
		DEGRANGE C.	ZOOLOGIE
		PEBAY-PEROULA	PHYSIQUE
		PERRIAUX J.	GEOLOGIE
		RASSAT A.	CHIMIE SYSTEMATIQUE
		ROBERT A.	CHIMIE PAPETIERE
PROFESSEURS ASSOCIES	MM.	NAPP-ZINN	BOTANIQUE
		DUTTON G.	BIO-SYNTHESE
		MATSUSHIMA Y.	MATHEMATIQUES PURES
MAITRES DE CONFERENCES	MM.	BIAREZ J.P.	MECANIQUE PHYSIQUE
		DODU J.	MECANIQUE DES FLUIDES
		HACQUES G.	CALCUL NUMERIQUE
		LANCIA R.	PHYSIQUE AUTOMATIQUE
	Mme	KAHANE J.	PHYSIQUE
		POLOUJADOFF M.	ELECTROTECHNIQUE
		DEPOMMIER P.	PHYSIQUE NUCLEAIRE
		DEPORTES C.	CHIMIE
	Mme	BOUCHE L.	MATHEMATIQUES
		SARROT-REYNAULD	GEOLOGIE

.../...



**BRANNER
EARTH SCIENCES LIBRARY**



MÉMOIRES

N° 7

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES MASSIFS DE FONDATION DE BARRAGES

par

Bernard SCHNEIDER

LISTE DES PROFESSEURS

DOYENS HONORAIRES	M. FORTRAT P.	
	M. MOREL L.	
DOYEN	MM. WEIL L.	
PROFESSEURS TITULAIRES	NEEL L.	MAGNETISME ET PHYSIQUE DU SOLIDE
	HEILMANN R.	CHIMIE ORGANIQUE
	KRAVTCHENKO J.	MECANIQUE RATIONNELLE
	CHABAUTY C.	CALCUL DIFFERENTIEL ET INTEGRAL
	PARDE M.	POTAMOLOGIE
	BENOIT J.	RADIOELECTRICITE
	CHENE M.	CHIMIE PAPETIERE
	BESSON J.	ELECTROCHIMIE
	WEIL L.	THERMODYNAMIQUE
	FELICI N.	ELECTROSTATIQUE
	KUNTZMANN J.	MATHEMETIQUES APPLIQUEES
	BARBIER R.	GEOLOGIE APPLIQUEE
	SANTON L.	MECANIQUE DES FLUIDES
	OZENDA P.	BOTANIQUE
	FALLOT M.	PHYSIQUE INDUSTRIELLE
	GALVANI O.	MATHEMATIQUES
	MOUSSA A.	CHIMIE NUCLEAIRE
	TRAYNARD P.	CHIMIE
	SOUTIF M.	PHYSIQUE
	CRAYA A.	HYDRODYNAMIQUE
	REULOS R.	THEORIE DES CHAMPS
	AYANT Y.	PHYSIQUE APPROFONDIE
	GALISSOT F.	MATHEMATIQUES
Mlle	LUTZ E.	MATHEMATIQUES
	BLAMBERT M.	MATHEMATIQUES
	BOUCHEZ R.	PHYSIQUE NUCLEAIRE
	LIBOUTRY L.	GOPHYSIQUE
	MICHEL R.	GEOLOGIE ET MINERALOGIE
	BONNIER E.	ELECTROCHIMIE
	DESSAUX G.	PHYSIOLOGIE ANIMALE
	PILLET E.	ELECTROTECHNIQUE
	DEBELMAS J.	GEOLOGIE
	GERBER R.	MATHEMATIQUES

.../...

		PAUTHENET R.	ELECTROTECHNIQUE
		VAUQUOIS B.	MATHEMATIQUES APPLIQUEES
		SILBER R.	MECANIQUE DES FLUIDES
		BARBIER J.C.	PHYSIQUE
		KOSZUL J.L.	MATHEMATIQUES
		BUYLE-BODIN M.	ELECTRONIQUE
		DREYFUS B.	THERMODYNAMIQUE
		KLEIN J.	MATHEMATIQUES
		VAILLANT F.	ZOOLOGIE
		ARNAUD P.	CHIMIE
		SENGEL P.	ZOOLOGIE
		BARJON R.	PHYSIQUE NUCLEAIRE
		BRISSONNEAU P.	PHYSIQUE
Mme		KOFLER L.	BOTANIQUE
		BARNOUD F.	BIO-SYNTHESE DE LA CELLULOSE
		GAGNAIRE D.	CHIMIE PHYSIQUE
		GIRAUD P.	GEOLOGIE
		GIDON P.	GEOLOGIE ET MINERALOGIE
		PERRET R.	SERVOMECHANISMES
Mme		BARBIER M.J.	ELECTROCHIMIE
Mme		SOUTIF J.	PHYSIQUE
		COHEN J.	ELECTROTECHNIQUE
		DEPASSEL R.	MECANIQUE
		ANGLES D'AURIAC	MECANIQUE DES FLUIDES
		DUCROS P.	MINERALOGIE ET CRISTALLOGRAPHIE
		GASTINEL A.	MATHEMETIQUES APPLIQUEES
		GLENAT R.	CHIMIE
		LACAZE A.	THERMODYNAMIQUE
		BARRA J.	MATHEMATIQUES APPLIQUEES
		COUMES A.	ELECTRONIQUE
		DEGRANGE C.	ZOOLOGIE
		PEBAY-PEROULA	PHYSIQUE
		PERRIAUX J.	GEOLOGIE
		RASSAT A.	CHIMIE SYSTEMATIQUE
		ROBERT A.	CHIMIE PAPETIERE
PROFESSEURS ASSOCIES	MM.	NAPP-ZINN	BOTANIQUE
		DUTTON G.	BIO-SYNTHESE
		MATSUSHIMA Y.	MATHEMATIQUES PURES
MAITRES DE CONFERENCES	MM.	BIAREZ J.P.	MECANIQUE PHYSIQUE
		DODU J.	MECANIQUE DES FLUIDES
		HACQUES G.	CALCUL NUMERIQUE
		LANCIA R.	PHYSIQUE AUTOMATIQUE
Mme		KAHANE J.	PHYSIQUE
		POLOUJADOFF M.	ELECTROTECHNIQUE
		DEPOMMIER P.	PHYSIQUE NUCLEAIRE
		DEPORTES C.	CHIMIE
Mme		BOUCHE L.	MATHEMATIQUES
		SARROT-REYNAULD	GEOLOGIE

.../...

	CAUQUIS G.	CHIMIE GENERALE
	BONNET G.	PHYSIQUE EXPERIMENTALE
	BONNIER M.J.	CHIMIE
	KAHANE A.	PHYSIQUE GENERALE
	DOLIQUE J.M.	ELECTRONIQUE
	BRIERE G.	PHYSIQUE EXPERIMENTALE
	DESRE P.	METALLURGIE
	LAJZEROWICZ J.	PHYSIQUE GENERALE
	VALENTIN P.	PHYSIQUE GENERALE
	BERTRANDIAS J.P.	MATHEMATIQUES APPLIQUEES
	BONNETAIN L.	CHIMIE MINERALE
	LAURENT P.	MATHEMATIQUES APPLIQUEES
	CAUBET J.P.	MATHEMATIQUES PURES
	PAYAN J.J.	MATHEMATIQUES
Mme	BERTRANDIAS F.	MATHEMATIQUES PURES
	FONTANGES R.	PHYSIOLOGIE ANIMALE
	LONGQUEUE J.P.	PHYSIQUE
	NIVAT M.	MATHEMATIQUES APPLIQUEES
	SOHM J.C.	ELECTROCHIMIE
	ZADWORNY F.	PHYSIQUE

MAITRES DE CONFERENCES ASSOCIES

MM.	RADELLI	GEOLOGIE
	KEYSTON J.	THERMODYNAMIQUE
	WAKIYAMA T.	PHYSIQUE DU SOLIDE

TABLE DES MATIERES

	<u>Pages</u>
<u>AVANT-PROPOS</u>	1
<u>A. - GEOLOGIE DE QUELQUES SITES DE BARRAGE</u>	
I. - <u>Géologie détaillée de trois sites de barrages</u>	
1 - Malpasset	7
2 - Hendrik Verwoerd	25
3 - Tachien	48
II. - <u>Particularité fondamentale des trois sites et comparaison des moyens de reconnaissances utilisés</u>	63
III. - <u>Géologie sommaire et caractéristiques essentielles de quelques autres sites</u>	69
<u>B. - ESSAIS MECANQUES ET MESURES DES CARACTERES PHYSIQUES PARTICULIERS DES MASSIFS ROCHEUX</u>	
I. - <u>Etude statistique des discontinuités</u>	81
II. - <u>Essais sur échantillons</u>	
1 - Essais d'écrasement	99
2 - Essais divers	117
3 - Lames minces colorées	126
III. - <u>Essais sur la roche en place</u>	
1 - Essais au vérin	147
2 - Essais de petite sismique	173
3 - Traitement de quelques cas d'espèces	214
IV. - <u>Traits spécifiques des essais géomécaniques exécutés</u>	229
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	231
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	237

LISTE DES FIGURES

<u>N° fig.</u>		<u>Pages</u>
1	Esquisse géographique du SE de la France -----	7
2	Schéma tectonique du bassin stéphanien du Reyran -----	9
3	Gneiss à deux micas de <u>Malpasset</u> -----	11
4	Gneiss à biotite -----	12
5	Gneiss à deux micas -----	12
6	Gneiss à muscovite -----	13
7	Plan géologique du site de Malpasset -----	entre 12 et 13
8	Rive droite du site de Malpasset -----	13
9	Pegmatite -----	14
10	Rocher à l'amont de l'ouvrage rive gauche -----	16
11	Légende pour le repérage d'un plan -----	17
12	Reliévé statistique des petites discontinuités du Malpasset -----	18
13	Statistique générale " " " -----	19
14	Lèvre d'une faille -----	20
15	Remplissage de faille -----	20
16	Face amont du dièdre rive gauche -----	21
17	Statistique des failles et cisaillements -----	21
18	Rive gauche de Malpasset -----	22
19	Détails a -----	23
20	Détails b -----	24
21	Croquis géologiques de l'Afrique du Sud -----	27
22	Site du barrage de <u>Hendrik Verwoerd</u> -----	29
23	Schéma de l'injection conique -----	30
24	Implantation des reconnaissances -----	32
25	Coupes géologiques -----	33
26	" " -----	34
27	Courbes isopaches des terrains de couverture -----	35
28	Schéma de l'écoulement de la dolérite -----	37
29	Echantillon R S 213 - roche subophitique -----	39
30	" P S 104 - roche grenue -----	39
31	Contact entre dolérites -----	40
32	Dolérite supérieure -----	41
33	Dolérite " altérée -----	42
34	Décomposition de la dolérite -----	44
35	Statistique des joints étendus -----	45
36	" " petits joints -----	47
37	Esquisse géologique de l'île de Formose -----	49
38	Carte géologique du site de <u>Tachien</u> -----	53
39	Vues du site -----	54
40	Implantation des reconnaissances -----	entre 54 et 55
41	Statistique des joints, site principal -----	56
42	Fracturation rive droite -----	58
43	Statistique des joints, éperon -----	59
44	Coupe de l'éperon -----	62
45	Diagramme polaire de définition statistique des joints -----	84
46	Sainte-Croix. Répartition des discontinuités -----	88
47	Malpasset, écartements des joints -----	89
48	" " orientations " " -----	90
49	" " " " -----	90

50	Hendrik Verwoerd, écartements des joints	91
51	" " , orientations des joints	92
52	" " " "	92
53	Tachien, écartements des joints	93
54	" " , orientations des joints du site	94
55	" " , écartements des joints de l'éperon	95
56	" " , orientations des joints	95
57	Gittaz, écartements des joints	96
58	" " , orientations des joints	96
59	Sainte-Croix, écartements des joints	97
60	" " , orientations des joints	98
61	Matériel utilisé pour les écrasements d'échantillons	101
62	" " " " " "	101
63	Essais d'écrasement, Malpasset	103
64	" " Yaté	104
65	" " Saint-Chamond	105
66	" " Salagou	106
67	" " Granval	107
68	" " Kyle	108
69	" " Bengala	109
70	" " Monteynard	110
71	" " Naguilhes	111
72	Variation de résistances à la compression et à la traction	113
73	Matériel utilisé pour les essais de perméabilité	118
74	Mise en compression hydrostatique	119
75	Déformation d'un bloc de gneiss de Malpasset	121
76	Essais de percolation linéaire	123
77	" " " "	124
78	Gneiss de la Gittaz	128
79	" " Saint-Jean-du-Gard	129
80	" " Saint-Cassien	130
81	" " Malpasset	131
82	" " Kariba	132
83	" " Bengala	133
84	Calcschiste de Kardjali	134
85	Gneiss fibreux utilisé pour les essais de vieillissement	141
86	Presse Lepetit utilisée	142
87	Evolution de la microfissuration avec des cycles d'effort	145
88	" " " " avec des cycles de saturation	145
89	Essais aux vérins, courbes de déformation	148
90	" " " " , définition des critères	148
91	Schéma d'un essai au vérin	151
92	Détail d'un essai au vérin	152
93	" " " " " "	153
94	Surface pour essai au vérin	154
95	Répartition des modules à Tachien	158
96	Déformation à pression constante	159
97	Essais au vérin RA 4, Hendrik Verwoerd	163
98	Classement des roches en place	166
99	Variations des coefficients de déformation au sommet	169
100	Coefficient de déformation C_c et C_d	170
101	Contraintes initiales - Résultats généraux	171
102	" " " " partiels	172
103	Ondes planes longitudinales	174

104	Ondes planes transversales -----	174
105	Petite sismique, détail des ondes -----	176
106	" " courbe de réponse des géophones -----	178
107	" " appareillage utilisé -----	179
108	" " " " " " -----	180
109	" " type de sismogrammes -----	182
110	" " opérations types -----	184
111	" " graphique type -----	185
112	" " niveau de bruit dans une galerie -----	188
113	" " profil sismique de bétons de barrage -----	190
114	" " " " " " Van der Kloof -----	191
115	" " " " " " Hendrik Verwoerd -----	192
116	" " " " " " " " -----	193
117	" " " " " " Malpasset -----	194
118	" " " " " " Saint-Cassien -----	195
119	" " " " " " Saint-Jean-du-Gard -----	196
120	" " " " " " Gittaz -----	197
121	" " " " " " Kardjali -----	198
122	" " " " " " Lanoux -----	199
123	" " " " " " Kasseb -----	200
124	" " " " " " Sainte-Croix -----	201
125	Relations expérimentales entre longueurs d'onde et valeurs sclérométriques -----	203
126	" " " " vitesses transversales et valeurs sclérométriques -----	205
127	Relation entre coefficient de Poisson et vitesses -----	207
128	Relations entre modules sismiques et statiques -----	209
129	Relations entre modules statiques et longueurs d'onde -----	209
130	" " " " et fréquences -----	210
131	Tenseur de déformation, tenseur de contrainte et temps -----	212
132	Relations entre modules de déformation et coefficient de déformation résiduelle -----	213
133	Essais de relaxation d'éponte à Tachien -----	215
134	Essais d'eau sur un remplissage plastique -----	217
135	Essais de claquage sur un remplissage plastique -----	217
136	Essais de gonflement sur un remplissage plastique -----	219
137	Essais de mise en pression d'une galerie à Hendrik Verwoerd -----	220-221
138	" " " " " " " " -----	223
139	Essais de décompression -----	224
140	Essais de mise en pression -----	225
141	Résultat de la mise en pression, témoins encastés -----	227
142	Dilatation diamétrale -----	228

LISTE DES TABLEAUX

<u>Tableaux</u>	<u>Pages</u>
I Résumé des résultats d'écrasements -----	112
II Etude des colorants employés dans les lames minces -----	entre 126 et 127
III { Tachien, récapitulation des résultats d'essais au vérin -----	entre 156 et 157
IV { " " " " -----	" "
V { " " " " -----	" "
VI { " " " " -----	" "
VII { " " " " -----	" "
VIII { " " " " -----	" "
IX { Hendrik Verwoerd, récapitulation des résultats d'essais au vérin -----	entre 160 et 161
X { " " " " " " -----	" "
XI { " " " " " " -----	" "
XII { Récapitulation des résultats globaux d'essais au vérin -----	entre 166 et 167
XIII {	
XIV Valeurs des caractéristiques mesurées par essais sismiques et statiques -----	202

Qui d'autre que M. BARBIER, dont les travaux sur les fondations de barrages sont réputés, pouvait mieux diriger cette thèse. Qu'il trouve ici l'expression de ma respectueuse reconnaissance.

M. MICHEL, plus spécialement pour les difficiles définitions pétrographiques des structures des roches et M. BIAREZ, pour les questions géomécaniques, m'ont grandement aidé à dégager et à classer des phénomènes complexes. Je leur en suis profondément obligé.

M. BOURGIN, qui a bien voulu accepter de se joindre au Président et aux Membres du Jury, m'a fait bénéficier de sa très grande expérience technique. Je l'en remercie vivement.

Le Bureau d'Ingénieurs-Conseils COYNE et BELLIER m'a permis, par les nombreux travaux qui m'ont été confiés et par le support matériel qui m'a été accordé, de mener à bien cette recherche. Je lui en suis profondément attaché.

L'ELECTRICITE DE FRANCE m'a autorisé à utiliser de nombreux résultats tirés de ses archives pour les comparaisons de sites que j'ai été amené à faire.
La TAIWAN POWER COMPANY et le DEPARTMENT OF WATER AFFAIRS de la République d'Afrique du Sud m'ont permis de publier les résultats obtenus sur des sites en cours d'étude.
Je les en remercie avec gratitude.

Je voudrais enfin adresser mes plus sincères remerciements à toutes les personnes qui m'ont apporté leur aide et particulièrement :

A M. BELLIER qui m'a consacré avec bienveillance une partie de son temps.

A mes camarades ingénieurs et géologues du Bureau COYNE et BELLIER qui m'ont soumis de nombreux problèmes et avec qui les dialogues ont été si précieux.

Je dois un merci spécial à MM. LONDE, FARHI, VERDIER, MAURY, ROUSSEL et GAISSA qui m'ont aidé dans la réalisation des essais et dans la rédaction de cette thèse.

AVANT - PROPOS

Pendant des millénaires, les hommes ont dû considérer la roche comme une matière qui pouvait leur offrir des abris sûrs ou fournir des fondations de qualité pour leurs maigres ouvrages. Plus tard, ils s'attaquèrent au rocher pour en sortir des monuments (temples bouddhiques, monuments égyptiens). Ce pas en avant ne se fit pas sans mal puisque les archéologues affirment que certaines réparations visibles sur des monuments anciens sont contemporaines de leur construction, par exemple sur le tombeau de Darius I, près de Persepolis, creusé à flanc de rocher il y a 2400 ans.

D'autres difficultés devaient aussi se présenter - on sait que des éboulements parfois gigantesques ont ébranlé notre préhistoire - et pour les affronter, les hommes ont été conduits peu à peu à faire évoluer leur technique.

Puis une longue période de l'histoire s'est écoulée, pour en arriver, récemment, à prendre sérieusement en considération le comportement de la fondation des ouvrages. Cette évolution peut être due essentiellement à la mutation brutale des constructions humaines, tant en multiplicité qu'en importance et en hardiesse.

Plus particulièrement dans le domaine des aménagements hydrauliques, les ouvrages de retenue dépassent maintenant 200 mètres de hauteur. Ils atteindront bientôt 300 mètres.

Certaines de ces réalisations connaissent un jour la destruction, rappelant ainsi à l'ingénieur que son projet repose avant tout sur une série d'hypothèses plus ou moins risquées. La difficulté d'évaluer ces risques pousse à la prudence alors que, d'un autre côté, la recherche de l'économie ferait pencher vers des solutions, plus hardies. Prudence et économie, apparemment contradictoires, obligent l'ingénieur à concevoir des moyens de meilleure connaissance de la matière qu'il sollicite, c'est-à-dire avant tout celle qui intéresse la fondation de l'ouvrage.

Le problème est considérable et la naissance de cette nouvelle science que constitue la mécanique des roches s'effectue prudemment.

On est encore loin d'arriver à exprimer mathématiquement le comportement d'un milieu, c'est-à-dire à formuler sa loi rhéologique. Nous devons nous contenter d'étudier séparément des facteurs pouvant intervenir dans certaines hypothèses.

Voici posé le but de notre travail. D'une part, nous avons considéré l'étude géologique du massif de fondation pour nous renseigner sur son histoire, la nature et la géométrie de ses matériaux constitutifs ; d'autre part, nous avons cherché, à l'aide d'expériences normalisées, à mieux connaître certains caractères fondamentaux spécifiques au massif. Il faut tout de suite souligner l'importance donnée à l'étude des discontinuités mécaniques définissant la structure du massif.

Nous avons cherché aussi à améliorer notre connaissance du massif rocheux par l'étude et l'analyse de ses ruptures, ruptures de fondations ou éboulements. La rupture, en effet, peut permettre de définir le seuil de l'équilibre limite.

Mais pour tirer parti d'une rupture, il faut en connaître les causes qui restent trop souvent jalousement gardées par la nature. De plus - et heureusement, puisque les ruptures occasionnent des catastrophes - les cas

sont trop rares pour que leur étude permette d'en tirer des conclusions statistiques. Aussi, nous sommes-nous tournés vers les pentes en place et les fondations intactes pour avancer davantage dans l'étude des massifs.

Notre travail se divise en deux grandes unités :

Dans la première, nous avons entrepris la description géologique approfondie de trois sites de grands barrages en béton, de caractéristiques très différentes tant par la nature de la fondation que par la structure de l'ouvrage lui-même. Bien que notre travail ne soit pas orienté vers la géologie pure, nous pensons que les détails que nous donnons sont nécessaires à la parfaite connaissance du massif, même si son exploitation n'est pas immédiate. En effet, la bonne connaissance, non seulement du site mais aussi du massif, à toutes les échelles, est nécessaire car les pièges cachés que peut recéler la fondation ne sont souvent bien visibles qu'à une échelle d'observation inhabituelle.

La définition d'une roche commence par celle de sa pétrographie ; nous avons également décrit la minéralogie des roches des sites de barrages envisagés, mais dans le but de définir simplement la microstructure et la nature élémentaire des composants, sans détermination plus fine.

L'étude générale permet de faire ressortir certains problèmes nécessitant, pour leur résolution, l'exécution d'autres observations ou essais. Nous en analyserons quelques uns en nous efforçant toujours de considérer un essai ou une observation comme un élément d'un ensemble, donc susceptible de comparaison et d'adaptation.

Les sites étudiés en détail sont :

- MALPASSET, où un barrage voûte de 66 mètres de hauteur avait été construit sur du gneiss et qui a été détruit en décembre 1959 à la suite d'une rupture de fondation.

- TACHIEN, dans l'île de Formose, où un barrage voûte de 200 mètres de hauteur est projeté dans une gorge aux parois raides de quartzite schisteux.

- HENDRIK VERWOERD, en Afrique du Sud, où un barrage voûte de 90 mètres de hauteur est en cours de construction dans une gorge de dolérite aux pentes douces.

Nous serons amenés à comparer les résultats que nous avons obtenus sur les trois sites étudiés, aux résultats obtenus sur d'autres sites soit par nous, soit par E.D.F. A cette occasion, nous donnerons une description géologique sommaire des sites de comparaison, afin de faire connaître leurs caractères fondamentaux.

La deuxième partie du travail concerne la description des essais ou mesures effectués sur échantillons ou in situ.

Pour décrire mécaniquement un massif, il faut connaître les matrices de la roche et leur association. L'étude des matrices, bien connue des pétrographes, intéresse l'échantillon alors que celle des discontinuités fait apparaître la notion d'assemblage en place, donc celle de massif.

Nous devons convenir, hélas, que les moyens d'étude du cristal sont bien plus nombreux que ceux de l'étude

du massif. C'est sans doute pour cette raison que l'étude de l'échantillon semble plus avancée que celles des grandes structures. Il est toutefois intéressant de noter que la tendance actuelle, dans le domaine de la mécanique des roches, est bien l'étude du massif. Ainsi, lors des congrès internationaux de mécanique des roches de Salzbourg de 1964 et 1965, pas une communication n'a été consacrée à l'échantillon.

Nous présentons, néanmoins, un certain nombre d'observations faites sur des échantillons qui nous ont paru susceptibles de compléter, ou guider, les observations faites sur le site.

Les essais in place comportent soit la mise au point de techniques nouvelles, soit l'exploitation de techniques relativement anciennes que nous avons orientées un peu différemment.

Les singularités mises en lumière par les essais mécaniques seront presque toujours expliquées par le type de discontinuités qui divisent la roche à toutes les échelles ; aussi notre conclusion insistera-t-elle surtout sur l'importance de l'étude de la structure de la fondation à entreprendre dès les premières reconnaissances, pour déterminer l'influence des différentes discontinuités mécaniques affectant le massif rocheux.

DEFINITIONS

Un certain nombre de termes demandent à être précisés soigneusement, en particulier ceux utilisés au cours de l'étude de sites à l'étranger où la terminologie est quelque peu différente de la nôtre.

Les définitions des roches ignées et métamorphiques sont celles proposées par J. YUNG (1958) ; les définitions des roches argileuses sont conformes à celles proposées par G. MILLOT (1964).

Dans le cas du barrage de Hendrik Verwoerd, par exemple, le terme local employé est "shale" qui traduit bien la structure litée, à grain fin, de cette roche argileuse. Nous l'avons traduit dans ce travail par argillite litée.

Dans le mot structure, nous englobons tous les éléments déterminant la disposition spatiale des objets géologiques constituant le site. Ceci inclut ce que P. VIALON (1966) a appelé mésostructure et mégastructure qui couvrent l'échelle du centimètre à celle de la carte, et microstructure qui est visible au microscope. Parmi les mégastructures, nous avons distingué les failles (fault en anglais) des cisaillements (shear zone en anglais) car leurs moyens de représentation statistiques et cartographiques, sont différents.

A - GEOLOGIE DE QUELQUES SITES DE BARRAGES

I - GEOLOGIE DETAILLEE DE TROIS SITES

- | | |
|------------------|--|
| MALPASSET | - Barrage voûte à double courbure h = 66 m, longueur en crête = 222 m.
Volume de béton : 48,000 m ³ |
| HENDRIK VERWOERD | - Barrage voûte à double courbure h = 90 m, longueur en crête = 930 m
Volume de béton : 1,500,000m ³ |
| TACHIEN | - Barrage voûte à double courbure h = 207 m, longueur en crête = 302 m
Volume de béton : 600,000 m ³ |

1. SITE DE MALPASSET

L'étude d'un site de barrage ruiné par un accident incriminant ses fondations est d'une grande richesse d'enseignement. Toutefois, pour tirer parti d'une rupture, il faut en connaître les causes. Dans le cas présent, l'évolution des événements de ces dernières années montre qu'elles sont très difficiles à connaître. Cependant, les résultats de l'étude géologique forment un ensemble assez homogène permettant de cerner le problème.

1.1. Situation (figure : 1)

Le site du barrage de MALPASSET se trouve à l'extrémité Sud du massif cristallin de Tanneron, à 10 km au Nord de Fréjus. Aux environs du site, le Reyran coule sensiblement N-S. Un barrage voûte d'une soixantaine de mètres de hauteur y a été construit puis fût détruit le 2 décembre 1959.



fig. : 1 - Esquisse géographique du Sud-Est de la France situant la région du Bassin du Reyran.

1.2. Géologie générale

Nous donnons ci-dessous un tableau chronologique groupant les différentes phases de l'histoire géologique du massif.

ERE	ETAGES	FORMATIONS (environs du site)	TECTONIQUE	AGE (millions d'années)
Actuel: Quaternaire		Dépôts de faible épaisseur	lente surrection	2
Tertiaire (Cénozoïque)	Pliocène Miocène Oligocène Eocène		réenfouissement orogénie alpine	25
Secondaire (Mésozoïque)	Crétacé Jurassique Trias		émersion	65 200
Primaire (Paléozoïque)	Permien Carbonifère Dévonien Silurien	bassins de sédimentation, volcanisme	orogénie hercynienne	300 350
Anciens		socle		520

1.21. Le Massif de Tanneron (figure : 2)

Les connaissances géologiques sur le Massif de Tanneron sont encore très rudimentaires (BORDET P., 1961). Pétrographiquement, il est formé de gneiss avec seulement, vers l'Ouest, un petit pointement de granite ou de granuite dont l'allure varie d'ailleurs avec chaque auteur. On retrouve dans le Massif de Tanneron une disposition en bandes parallèles, grossièrement N-S, analogues à celles que l'on connaît dans les Maures. La partie S-W du massif, qui intéresse spécialement le barrage, est formée d'une série de gneiss à biotite se poursuivant jusqu'au bassin stéphanien du Reyran. Ces gneiss, violemment écrasés, présentent localement une structure mylonitique franche. A l'Est de celui-ci existe une bande de gneiss à muscovite et grenat fortement écrasée et recristallisée.

Ce socle cristallin a fourni des matériaux détritiques qui constituent la majeure partie des formations sédimentaires supérieures stéphanopermiennes. La continuité entre formations cristallines et sédimentaires est telle qu'il est difficile parfois de localiser le contact.

Des accidents ont été reconnus en très grand nombre. Des failles de systèmes N-S se combinent avec d'autres de systèmes plus jeunes E-W en découpant une structure en panneaux d'environ un km. Les failles secondaires se chiffrent par centaines ; leur orientation est le plus souvent à tendance E-W.

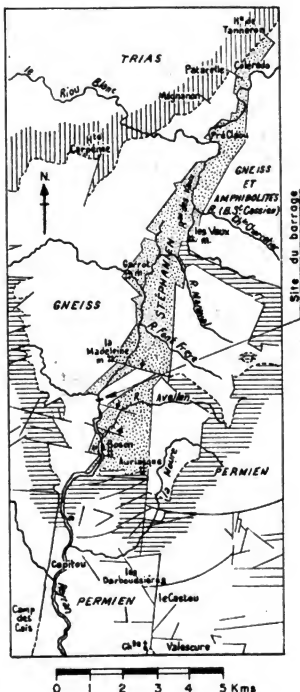


Fig. : 2 - Schéma tectonique du Bassin Stéphanien du Reyran (d'après P. BORDET). -

1.22. Histoire géologique

1.221. Orogénie hercynienne

La première phase tectonique nettement reconnaissable dans le socle cristallin est postérieure au Silurien et antérieure au Carbonifère ; elle est probablement due au paroxysme hercynien. Le socle cristallin a été fortement plissé en une série de bandes orientées à peu près N-S ; de grandes zones d'écrasement s'y sont formées.

Après une phase de dénudation, dont il est impossible d'apprécier l'importance, les sédiments stephaniens se sont rassemblés dans des bassins, probablement isolés, qui semblent avoir été des fossés d'effondrement situés sur l'emplacement des zones écrasées précédentes. Une première éruption rhyolitique a accompagné cette mise

en place. Ensuite se situe une phase de compression qui a plissé et écrasé les formations de ces bassins ; l'orientation N-S des accidents a subsisté au cours de cette phase.

1.222. Orogénie permienne

Les phases suivantes sont caractérisées par une orientation E-W des accidents. La première phase tronçonne les bassins stéphaniens, la deuxième phase correspond au paroxysme volcanique et à un affaissement important des fossés, la troisième phase correspond à une compression qui a provoqué de très nombreuses failles ainsi que des amorces de plissement.

1.223. Secondaire (Mésozoïque)

Le Trias, quand il existe, surmonte directement le Permien, en discordance. Il est relativement tranquille et se caractérise par son faciès désertique.

Pendant le Jurassique, le massif de Tanneron a probablement émergé, du moins temporairement.

Avec le Crétacé supérieur, réapparaissent des plissements, contemporains d'une surrection générale, se traduisant par le rejeu de failles dont certaines sont permienues. Il est donc vraisemblable que les mouvements crétacés ont eu lieu suivant des axes que nous connaissons encore aujourd'hui, plutôt que sous forme d'un bombement régulier à grand rayon de courbure. Il est probable aussi que le massif cristallin, à l'époque crétacée, avait sensiblement les mêmes limites que le massif actuel.

A partir du Crétacé supérieur, la Provence calcaire est soumise à une suite de violents efforts tectoniques mais, dans la région étudiée, déformée seulement par un mouvement d'ensemble n'affectant nettement que la couverture décollée. Ils ont fait rejouer les failles anciennes du socle, mais rares sont les accidents, propres par leur style et leur direction, pouvant être datés de cette période.

Une certaine instabilité tectonique, caractérisée par le rejeu de vieilles failles, paraît être un trait permanent de la région, depuis l'époque reculée où le paroxysme hercynien lui a donné sa structure essentielle.

1.224. Le Tertiaire (Cénozoïque)

Les plissements tertiaires, souvent si intenses en Provence calcaire, se sont produits ici au-dessus de la surface de décollement formée par les cargneules de la base du Trias.

Au Pliocène, les formations marines sont en contact direct avec le Permien ou le socle cristallin. La disposition du réseau hydrographique, à cette époque, est à peu près conforme à celle que l'on voit encore maintenant. Ces formations pliocènes ont colmaté des rias profonds. La topographie antépliocène devait être beaucoup plus accusée que celle qui existe de nos jours. En effet, lorsqu'on examine les contacts du Pliocène avec le Permien ou le gneiss, on constate qu'il présente le plus souvent l'allure d'une falaise à peu près verticale.

1.225. Quaternaire

Au Quaternaire, on connaît fort bien trois niveaux d'anciennes plages (phase de comblement) et trois phases de creusement, dont la période actuelle. Celle-ci montre en effet les rivières coulant maintenant sur la roche vive ou entamant les alluvions disposées lors de la période de remblaiement précédente.

1.3. Géologie du site

Au milieu des gneiss du Massif de Tanneron, (figure 2), on trouve un petit synclinal NE-SW de dépôt carbonifère qui donne lieu à une dépression morphologique marquée dans laquelle s'étale le Reyran. Puis, par suite d'une faille, la rivière traverse directement le gneiss, la vallée se rétrécit : c'est le site. A quelques kilomètres en aval, le Reyran coule de nouveau dans les sédiments primaires : la vallée s'élargit de nouveau.

1.31. Les roches du site

1.311.

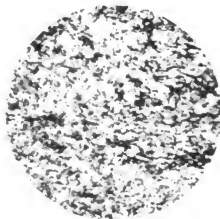
Ce sont communément des gneiss, tantôt ocellés et massifs, tantôt riches en éléments phylliteux, pauvres en feldspaths et à texture schisteuse.

Le passage d'un type à l'autre est progressif. On peut toutefois relever :

1.312.

Rive gauche et en bas de la rive droite, un type de gneiss à répartition uniforme des éléments constitutifs avec orientation des cristaux (figure 3). Cette orientation est parfois assez particulière : en effet les phyllites

Fig. 3 - Gneiss à deux micas à répartition à peu près uniforme



L. P. L. N.

Composition

65% { petits cristaux de quartz de 0,1 à 0,5 mm
feldspath potassique assez frais 0,5 mm
plagioclases altérés 0,5 à 0,7 mm

35% { biotite très fibreuse en cours d'altération
par l'extérieur
muscovite fibreuse

apatite, cordiérite, grenat, rutile, calcite
et séricite secondaires

ne sont pas parallèles à un même plan, mais sont seulement orientées suivant une direction commune, ce qui donne à la roche une texture fibreuse sans plans nettement préférentiels. Les fibres ont une direction de 20° à 50° vers le SW (vers l'aval rive droite). Parfois, on peut noter un certain parallélisme entre les phyllites qui crée alors une foliation. Généralement, ces plans de foliation sont très ondulés et n'ont qu'une faible surface ; il peut se former cependant des surfaces plus importantes à la faveur de la structure ondulée de la foliation : par relais successifs, les foliations élémentaires s'ajoutent, et donnent une foliation globale étendue qui du reste peut n'être que potentielle dans certains cas. En moyenne, la foliation est de 30° à 50° vers le SW (aval rive droite) avec d'assez grandes variations locales.

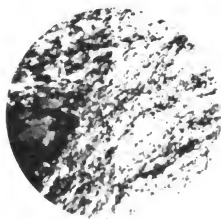
L'analyse microscopique révèle au moins trois types de fissures d'âges différents qui sillonnent les échantillons :

- un réseau ancien cimenté de quartz au centre de la fissure et de séricite sur les deux lèvres.
- un réseau plus jeune très sériciteux, très souvent sécant aux fibres.
- un réseau plus récent, encore ouvert, parfois rempli de calcite.

1.313.

Rive droite à mi-hauteur : gneiss avec des amygdales claires quartzo-feldspathiques de petites dimensions, isolées au milieu d'une masse micacée plus sombre ; l'orientation des cristaux existe également mais ne donne pas lieu à une foliation aussi caractérisée que dans le cas précédent (figure 4)

Fig. 4 - Gneiss à biotite, ocellé



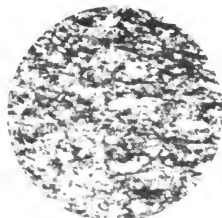
L. P. L. N.

Les minéraux noirs groupés en lits fins enveloppent les groupements plus épais quartzo-feldspathiques. La roche est saine, exempte de remplissage secondaire. Les micro-fissures sont rares.

1.314.

Haut de la rive droite : gneiss où alternent des lits minces d'éléments noirs et d'éléments blancs (figure 5)

Fig. 5 - Gneiss à deux micas finement lité



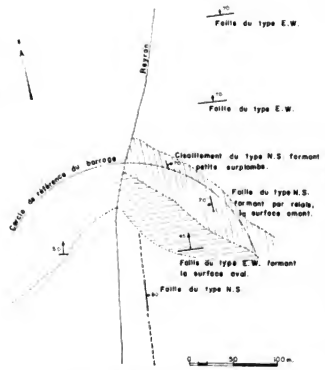
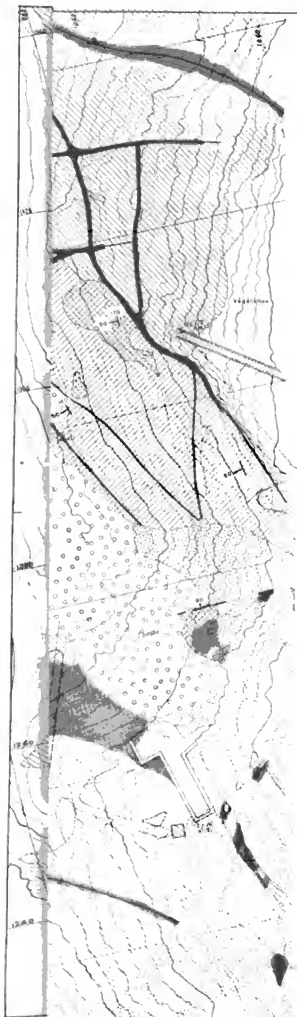
L. P. L. N.

Composition

- | | | |
|-----|---|--|
| 70% | { | petits cristaux de quartz 0.1 mm
feldspath potassique sain 0.5 mm
plagioclases (anorthite) altérés en
taches laissant les bords du cristal
relativement sains. |
| 30% | { | biotite saine bien orientée.
muscovite rare mais en gros cristaux
apatite |

Composition

Composition identique à celle du gneiss à répartition uniforme. Les recrystallisations ne sont importantes que dans la foliation où les cristaux de plagioclases et quelques cristaux de biotite sont entourés de séricite.



ESQUISSE DES PRINCIPAUX ACCIDENTS DU SITE

LEGENDE

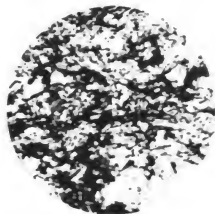
- Eboule de pierres
- Eboule terreux
- Alluvions
- Gneiss massif A répartition uniforme des éléments constitutifs et de très nombreux phylloïdes.
- Gneiss sectionnés - voir à part, très souvent fibreux.
- Gneiss très divisés avec de nombreuses traces d'oxydation
- Micaschiste en blocage.
- Brèches plus ou moins fraîches
- Pegmatite

- Cisaillement ou faille avec remplissage bréchique
- Cisaillement ou faille francs
- Incision en degrés
- Pendage de diorites direction des horizontales par rapport au nord
- Incision avec l'horizontale



Parfois, soit dans les zones de gneiss cellé, soit dans les zones de gneiss à petits lits, on peut observer des gneiss où les micas blancs sont beaucoup plus nombreux (figure 6) et bien visibles. Notons qu'il existe cependant de la muscovite, mais à l'état de petits cristaux, dans tous les gneiss du site.

fig. 6 - Gneiss à muscovite



L. P.

L. N.

Dans un souci de normalisation, nous avons dans le plan de la figure 7, essayé de cartographier les affleurements en différenciant les natures de gneiss. Toutefois, à l'intérieur de la rive gauche, il n'est pas rare, par exemple, de relever du gneiss lité sur quelques mètres carrés dans un ensemble uniforme.

La figure 8 montre la rive droite où les limites d'affleurement des différents types de gneiss cités précédemment peuvent être indiquées grossièrement. On notera l'important changement d'allure des diaclases.

fig. 8 - Zone A : gneiss massif à biotite. Systèmes de diaclases étendus et planes. Foliation ... distante à petite échelle.

Zone B : gneiss à biotite fibreuse. La division du rocher suivant la foliation est de l'ordre de ... centimètre. Des cassures perpendiculaires favorisent des changements brusques d'orientation de la foliation.

Zone C : Gneiss à biotite légèrement folié. Système de diaclases planes à tendance ...

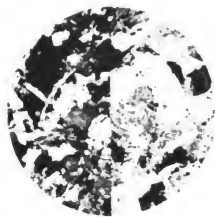
Zone D : Gneiss très massifs extrêmement ...



Ces gneiss sont injectés d'une pegmatite à feldspaths roses (figure 9) qui est très souvent concordante avec le gneiss ; les lits micacés de celui-ci peuvent se poursuivre dans la pegmatite dont les contours sont en général très nets. Les formes que prennent les amas de pegmatite sont irrégulières, dues en partie au type de mise en place, et en partie aux failles qui les coupent et dont les rejets, lorsqu'on peut les apprécier, sont de quelques décimètres à quelques mètres. Il semble que la formation de ces pegmatites se soit poursuivie après le jeu de certaines, au moins, de ces failles.

fig. 9 - Pegmatite

Composition



- feldspath potassique rose très légèrement altéré ; dimension moyenne des cristaux 2 à 5 mm
- petits cristaux de quartz indentés très rares
- mica blanc en taches ou en phéno-cristaux gigantesques
- plagioclases sodiques rares
- calcite en grands cristaux.

L. P. L. N.

1.32. - Altération et structure

La longue histoire du massif n'a pas été sans affecter sa structure et favoriser de nombreuses formes d'altération.

Nous analyserons les altérations de la matière et la fracturation du massif divisé par de nombreuses discontinuités mécaniques.

1.321. - Altération de la matrice

L'altération des cristaux de biotite en chlorite est un phénomène général, de même que la transformation quasi-totale des plagioclases en séricite ou en petites paillettes d'hydro-micas. Ces transformations sont classiques, la première tend à donner au rocher une couleur verdâtre.

Certaines petites déformations de la roche, soit dans la foliation, soit sécante, montrent des recristallisations de séricite. Il est probable que ces cristallisations n'ont pu avoir lieu que dans certaines conditions car d'autres témoins de déformations en sont exempts.

D'autre part, des cristallisations de pyrite et de calcite montrent que des circulations hydrothermales ont eu lieu également ultérieurement.

En plus des altérations précédentes que l'on trouve très communément sur d'autres types de roches, il est intéressant d'en noter une autre plus rare : la couleur violette ou lie de vin qui domine un peu partout, surtout dans les zones où le gneiss est très fibreux. Cette coloration fait penser à une altération climatique qui serait à relier avec le fait que dès le Crétacé et même probablement dès le Jurassique, le massif avait déjà les mêmes

limites qu'actuellement et aura ainsi subi, en plus du tectonisme, l'influence de nombreux cycles climatiques, jusqu'au Pliocène où il a été de nouveau immergé.

L'examen pétrographique montre que les échantillons pris rive gauche dans les zones où la coloration violette est la plus intense, sont composés de cristaux très grossièrement orientés :

- de quartz (rare), de feldspath potassique encore clair et de plagioclases complètement damouritisés mais ayant un aspect normal
- de micas, principalement biotites dont l'altération est très différente de celles des mêmes micas noirs de la rive droite. Cette altération est superficielle et se fait à la faveur de micro-fissures ouvertes existant tout autour des cristaux de biotite, parfois de chlorite. Il y a production d'une fine poussière opaque d'oxydes qui souligne la surface des paillettes de micas et parfois pénètre quelques clivages. En lumière réfléchie, cette poussière est colorée en rouge lie de vin.

On aperçoit assez fréquemment, en plus de cette poussière non identifiable, des aiguilles de 0.1 x 30 microns également rouges en lumière réfléchie, de couleur douteuse en lumière naturelle, qui sont probablement du rutile. Les aiguilles sont souvent centrées en petites étoiles irrégulières autour d'une tache d'oxyde.

Parfois, les zones particulièrement altérées des plagioclases sont également pénétrées de la même poussière d'oxyde.

D'autre part, les micro-discontinuités, le long des fibres et sécantes à elles, sont incomplètement comblées par une cristallisation de séricite qui, souvent, est décomposée en argile non identifiable au microscope polarisant.

1 322. - Discontinuités mécaniques

L'examen du site montre qu'il existe plusieurs types de plans de faiblesse :

a) - les micro-discontinuités

A l'échelle de l'échantillon de quelques cm³, on peut observer des réseaux de fissure de quelques microns d'épaisseur dont les caractéristiques seront décrites en détail au chapitre B II.3, relatif à l'examen microscopique des lames minces.

Les micro-discontinuités empruntent généralement les alignements des minéraux, mais des ouvertures sécantes sont très fréquentes. Souvent, ces micro-discontinuités et surtout les sécantes sont remplies d'un film blanchâtre, pâteux après saturation d'eau, dont l'analyse a montré qu'il était composé principalement d'argiles du type interstratifié illite-montmorillonite correspondant à la décomposition de la séricite. Ce remplissage est surtout important dans le gneiss très tectonisé de la rive gauche à texture fibreuse et coloration violette. En lame mince, ces matériaux argileux sont bien visibles. La nature du minéral argileux produit permet de dire que la transformation s'est réalisée en milieu peu drainé.

b) les diaclases

Des réseaux de diaclases sont bien visibles sur le site. Ils ont deux aspects :

- soit des diaclases de petites surfaces souvent non planes et de directions diverses
- soit des séries bien parallèles de diaclases étendues (figure 10) formant des réseaux locaux liés aux différents types de roches.

Les diaclases sont ou franches, les lèvres directement en contact, ou enduites de chlorites verdâtres ou du film argileux blanchâtre qui revêt presque systématiquement certaines micro-discontinuités.

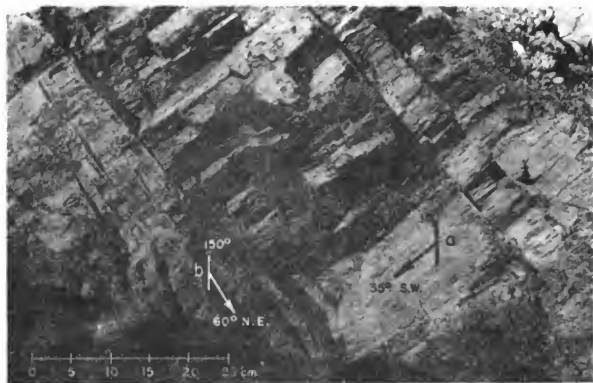
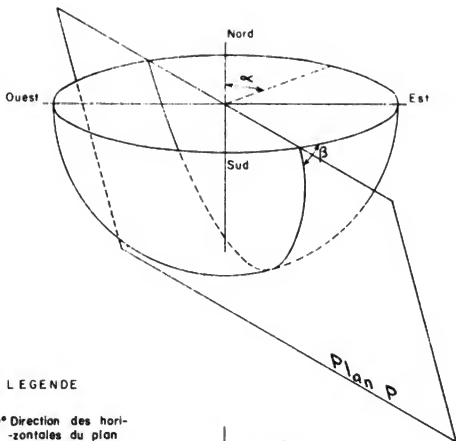


Fig. 10 - Vue du rocher en amont immédiat de l'ouvrage rive gauche à la cote 55.

Le gneiss a un aspect massif. Sa texture est fibreuse mais de petites surfaces soyeuses forment une pseudo-foliation caractéristique (a).

De grandes diaclases (b) très nettes, aux lèvres parfois légèrement soulignées de chlorites, découpent le massif à cet endroit. Les écartements entre diaclases sont de 5 à 40 cm.

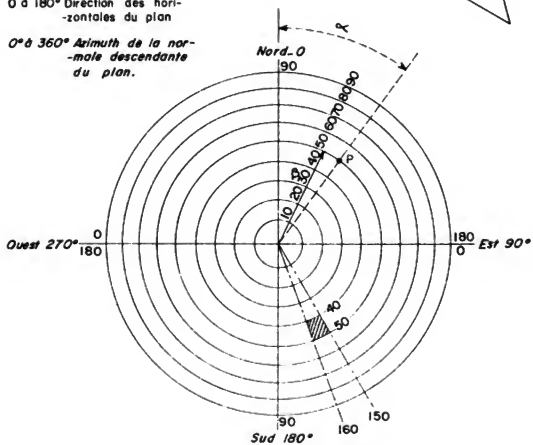
Dans un cas, comme dans l'autre, leur étude est bien simplifiée par la statistique. Nous aborderons au chapitre B.I l'étude des procédés statistiques et ne signalerons maintenant que les résultats globaux.



LEGENDE

0 à 180° Direction des hori-
zontales du plan

0° à 360° Azimuth de la nor-
male descendante
du plan.



Le graphique de la figure 12 montre le résultat de l'étude statistique des orientations des discontinuités de très petites dimensions ; nous avons indiqué l'emplacement des mesures sur le site et les écartements moyens entre discontinuités de même catégorie : à cette échelle de maille, il s'agit déjà presque de fissuration. En effet, il est très difficile de déceler des systèmes de directions bien définies : en un point, les petits plans sont bien parallèles mais leur direction de parallélisme ne se retrouve pas en un autre point. D'autre part, il n'est pas rare de mesurer des écartements inférieurs aux 2 à 5 cm moyens signalés. On remarquera toutefois que tout le quart SW du graphique est certainement lié à la foliation qui, à cette échelle, est très influente.

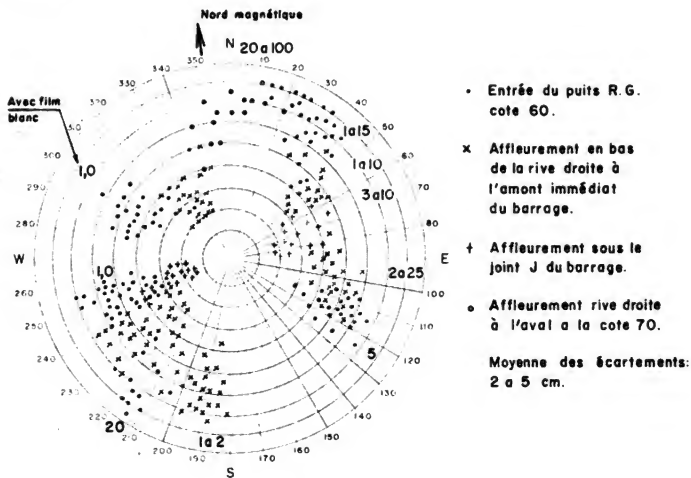


Fig. 12 - Relevé statistique local des petites discontinuités avec leur maille moyenne en cm.

Le graphique de la figure 13 montre le résultat de l'étude statistique de toutes les discontinuités de faible étendue. Les directions principales sont :

- la foliation dans le quart SW (pendages les plus fréquents 50° et 45°),
- dans le quart NE, un réseau dont le pendage le plus fréquent est 45° et les horizontales 150° à 160° par rapport au Nord.

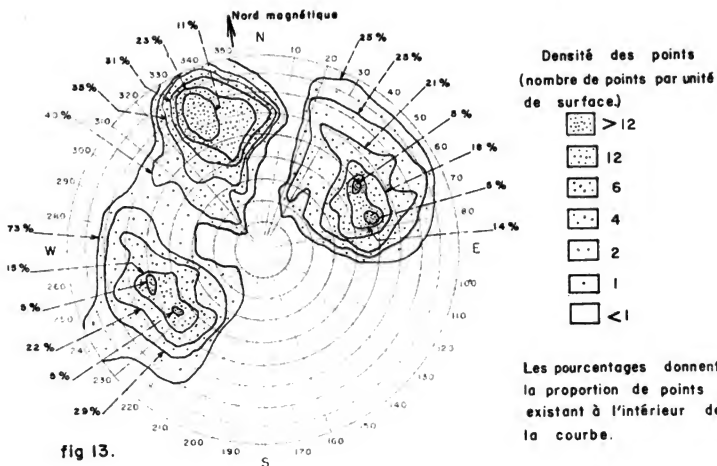


Fig. 13 - Statistique générale des petites discontinuités -

- dans le quart NW, un réseau dont le pendage le plus fréquent est 60° à 70° et les horizontales 65° par rapport au Nord.

Sur le plan de la planche 4, nous avons, là où cela était possible, indiqué quelles sont les caractéristiques locales d'un réseau défini de diaclases tiré de la statistique.

c) - les cisaillements

Outre les discontinuités précédentes, le site est découpé par des cisaillements où l'on peut noter des traces de mouvement. Nous les distinguerons des failles simplement parce que leur extension est réduite à quelques m2.

Ces cisaillements et également les failles sont caractérisées par :

- une altération des épontes qui n'existait pas dans le cas de simples diaclases.
- un remplissage de brèche ou de mylonite qui n'existait pas non plus dans le cas de simples diaclases.

Les épontes

Parfois à quelques dizaines de centimètres de la lèvre du cisaillement ou de la faille, on constate systématiquement une division des fibres de la roche et la présence de fissures sécantes qui parfois décrochent légèrement les lits de cristaux alignés (figure 14).

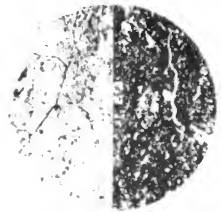
Cette division peut être parfois très intense mais conserve toujours la structure du gneiss.



L P x 20 L N

Le remplissage

Sans transition, par une lèvre nette, on passe à une zone de matériaux broyés où aucune structure n'est plus visible (figure 15). Ce remplissage est une mylonite formée d'une pâte microcristalline de gneiss où les phyllites originelles sont complètement transformées en minéraux chloriteux et de noyaux de 1 à 5 mm de débris très arrondis de gneiss.



L P x 20 L N

fig. 14 - Lèvres d'une faille

gneiss à biotite.

La roche est divisée par des fissures :
soit dans la foliation (tous les 1 à 2 mm)
soit sécantes à la foliation tous les 10 mm

Les lits sont parfois décalés par une fracture plus importante, irrégulière, se ramifiant, cimentée de séricite, de quartz broyé et de calcite.

fig. 15 - Remplissage de faille

noyaux arrondis quartzo-feldspathiques noyés dans une pâte formée de poussière de :

- quartz
- feldspaths très nombreux complètement altérés
- calcite secondaire
- séricite englobant des cristaux un peu plus importants de feldspaths

le ciment est parfois argileux

Cette mylonite forme une sorte de plaquage de 1 à 3 cm où parfois une structure lenticulaire imbriquée est bien visible (figure 16).

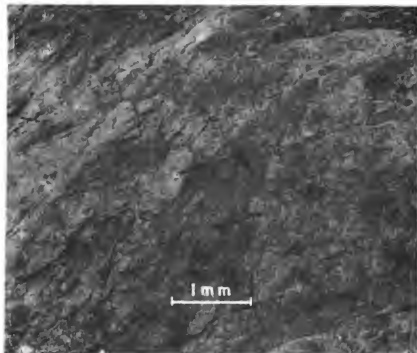


Fig. 16 - Détail de la face amont du dièdre rive gauche à la cote 75

le gneiss sous-jacent est recouvert d'un placage lenticulaire de mylonite

L'analyse statistique des directions et écartements des cisaillements fait ressortir leur grande complexité. On retrouve toutefois (figure 17) les directions générales déjà observées lors de l'étude des diaclases.

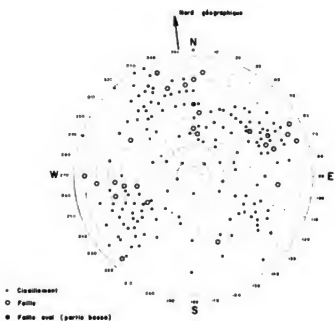


Fig. 17 - Statistique des orientations des failles et cisaillements.

d) Les failles

Au-delà d'une certaine extension ou d'un certain rejet, nous convenons d'appeler faille un accident du type précédent. On peut également observer que les très grands accidents présentent un remplissage plus grossier que celui des simples cisaillements. Au lieu d'une mylonite, c'est une brèche qui peut atteindre des épaisseurs de plusieurs dizaines de cm, dont les éléments anguleux sont formés de gneiss et le ciment d'une pâte argileuse produite par le broyage et l'altération du gneiss.

L'étude statistique (figure 17) fait ressortir parmi les nombreuses directions relevées, trois sortes de failles reconnaissables rive gauche (figure 18).

- des failles de grandes extension, planes, avec remplissage bréchiq ue important, orientées E-W pendant de 50° à 70° Nord en moyenne. Nous les avons mentionnées dans l'histoire géologique du massif.

- des failles plus anciennes que les précédentes, également mentionnées, très ondulées qui ont été produites par le jeu des surfaces de moindre résistance liée à la foliation. Or, cette foliation a une structure spéciale due à l'ondulation des lits de minéraux orientés : les failles qui ont joué le long de ces lits, sont, de même, ondulées et produisent souvent un découpage de lentilles plates imbriquées, d'une épaisseur de 2 à 5 m et d'une extension d'une dizaine de mètres dont les surfaces de contact sont soulignées de mylonite et arrivent à se relayer en ondulat, le pendage variant parfois de 20°. Ce phénomène est très important rive gauche, dans la moitié supérieure de la rive.

- des failles souvent ramifiées, très irrégulières, mais soulignées par un épais remplissage de mylonite grossière qui ont un pendage de 50° à 80° ENE amont.

Fig. 18 - Rive gauche



On remarquera :

- le plan aval du dièdre qui est une faille de la famille des 2 accidents indiqués en amont.
- la surface amont, coupée par des accidents (pendage 70°) formée de surfaces élémentaires à pendage 50°.

e) Cas particuliers

Parmi ces failles, il en est deux qui méritent une description particulière. Ce sont celles qui limitent l'actuel dièdre de la rive gauche.

La surface aval

C'est une faille du type E-W plus récente que les accidents N-S ; elle coupe entièrement la rive gauche et se retrouve rive droite sur toute la hauteur. La direction de cette faille est bien constante, mais son pendage varie quelque peu, passant de 35° à 70°. On retrouve tant à l'amont qu'à l'aval de telles surfaces tous les 100 à 200 m.

Le remplissage (figure 19) est constitué par une brèche à éléments gneissiques grossiers (5 à 10 cm) et ciment consolidé de quartz et argile (illite et micas hydratés). L'examen de détail du remplissage montre une certaine hétérogénéité ; la partie aval est une brèche dure verdâtre séparée de la partie amont, qui est une brèche plus argileuse, par une pellicule formée de lamelles de mica blanc concentré sur un ou deux millimètres. Ce mica est très altéré, son toucher est soyeux. On conçoit que le cisaillement d'une telle surface soit facilité par cet aspect particulier.

L'éponte aval de cette faille, visible rive gauche, et les épontes visibles rive droite sont très affectées. Bien qu'ayant gardé sa structure, le gneiss est extrêmement divisé par des fissures ouvertes (écartement 1 à 2 cm) sur 1 ou 2 mètres d'épaisseur.



Fig. 19 - détail a de la photo 18

surface du plan aval formée de brèche monogénique de faille

Certains éléments peuvent avoir 15 cm

La surface amont

C'est un accident du type N-S ancien et qui a dû rejouer de nombreuses fois. Il est produit par le cisaillement de plusieurs surfaces se relayant. Il est coupé par ou coupe des petits cisaillements transversaux.

Le remplissage (figure 20) est une mylonite formée de galettes imbriquées, très dure à sec, pâteuse après saturation à l'eau, dont l'épaisseur peut atteindre 10 cm ; les épontes sont extrêmement diaclasées (écartement de 1 à 2 cm) bien que le gneiss ait gardé sa structure.

Cet accident vient buter sous les fondations du barrage sur la faille E-W aval, dont le rejet est inconnu.



Fig. 20 - détail b de la photo 18

une partie de la surface amont. C'est un accident qui a cisailé la foliation. Les lèvres sont recouvertes de plaquettes de mylonite. Les parties blanches (x) sont les restes du coulis d'injection de collage.

1.4. Résumé

L'analyse détaillée du site permet déjà de faire ressortir quelques points importants que nous étudierons au cours des chapitres suivants.

L'instabilité tectonique, caractérisée par le rejeu de vieilles failles, semble être le trait principal ayant donné à la structure du massif son caractère définitif depuis l'époque reculée où le paroxysme hercynien a modelé ses caractères essentiels.

Il n'est pas dans notre intention d'aborder le problème mécanique des stabilités des rives ; signalons seulement que cette question a été examinée et semble donner une explication satisfaisante des phénomènes de rupture (P. LONDE 1965).

Les rôles du type et de la géométrie des accidents sont primordiaux ; en effet, le rejeu de vieilles failles a favorisé une nature spéciale de remplissage et a isolé des compartiments caractéristiques dont la nature elle-même est à examiner de très près. La division de la matière qui résulte des efforts tectoniques successifs n'a sans doute pas détruit la structure de la matrice, mais a produit une série de micro-déformations qui ont pu changer les caractéristiques de la roche, en particulier modifier son comportement vis à vis de l'eau d'infiltration.

La longue émergence du massif a produit une altération profonde que l'enfouissement postérieur n'a pas masqué. Il en résulte certainement un certain type d'altérabilité qu'il faudra examiner.

2. SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

Après l'étude d'un site de barrage construit puis ruiné par une rupture de fondation, il est intéressant d'envisager celle d'un site vierge où une grande voûte est projetée ; les travaux de reconnaissances du site du barrage de Hendrik Verwoerd ont été exécutés en 1963, 1964 et 1965 ; le début des travaux de construction a eu lieu à la fin de l'année 1966.

Le site se trouve en République d'Afrique du Sud, sur la rivière Orange, à 200 km après sa sortie des montagnes du Basutoland. La rivière coule alors dans une région de plaines surmontées de plateaux doléritiques aux profils caractéristiques.

2.1. Conditions géologiques générales

Le tableau ci-dessous donne les termes de géologie et de lithographie générales utilisés dans la description géologique qui suit :

ERES Récents Quaternaire	PERIODES	FORMATIONS	TECTONIQUE	AGE (millions d'années)
Tertiaire (Cénozoïque)		très petites formations	soulèvement général de l'Afrique	60
Secondaire (Mésozoïque)	Crétacé	cheminées de kimberlite, Uitenage	failles	130
	Jurassique	dolérites Stormberg Beaufort } Karoo		soulèvement et plissements dans le Sud	200
	Trias			
Primaire (Paléozoïque)	Permien	Ecca	plissement, af- faissement du Sud	225
	Carbonifère	Dwyka		300
	Dévonien	Cape		350
	Silurien	Witwatersrand		480

2. 11. Histoire géologique de l'Afrique du Sud (DUTOIT A. L. 1954)

On connaît très peu de choses sur l'ancien socle présilurien. Au Silurien, les sédiments quartzitiques et aurifères du Witwatersrand ont été déposés dans une mer probablement peu profonde. Après quelques mouvements tectoniques marqués et quelques dépôts de sédiments, un énorme magma intrusif se met en place. - le complexe igné du Bushveld - suivi par une période de dénudation avec formation du système Waterberg. Ces terrains ont été ensuite pliés et injectés de matériel éruptif tout à fait à la fin de la période silurienne.

Pendant la période dévonienne, l'extrémité sud du continent qui existait alors s'effondre et le matériel déposé donne la formation nommée "Transgression du Cap". Pendant la période carbonifère, l'effondrement du continent s'accélère avec, simultanément, l'apparition des glaces.

Les silt morainiques du Dwyka constituent le commencement du système du Karroo ; ils ont été déposés au voisinage de l'actuelle province du Cap et du Natal pendant que l'actuelle province du Transvaal restait émergée. Alors que l'effondrement continuait, la mer gagna encore plus vers le Nord et les sédiments de l'Ecca ont été déposés. La période suivante a reçu le nom de Beaufort. Au Beaufort inférieur, le faciès est aride avec productions de matériaux fins, sable et silt ; le climat devient humide au Beaufort moyen, puis très humide au Beaufort supérieur. Des boues et sables fins sont alors déposés sur une énorme épaisseur. Des mouvements tectoniques ont déjà commencé avant la fin de la période de Beaufort.

Au commencement du Trias, les formations existant dans le Sud ont été soulevées et le Karroo lui-même découvert et érodé. La seule petite dépression restante étant remplie avec les sédiments formant la série Stormberg. Le Trias se termine avec une période de dessiccation et d'intense activité volcanique durant laquelle des coulées de lave basique ont lieu (elles forment l'actuel Basutoland). Des dolérites sont injectées dans les sédiments du Karroo dont l'épaisseur peut être estimée à quelques 7 000 m, l'épaisseur du Beaufort, lui-même étant à peu près de 3 000 m. Les dolérites ne vont pas au-delà d'une certaine limite sud (planche 12) mais sont extrêmement importantes dans le cœur du massif.

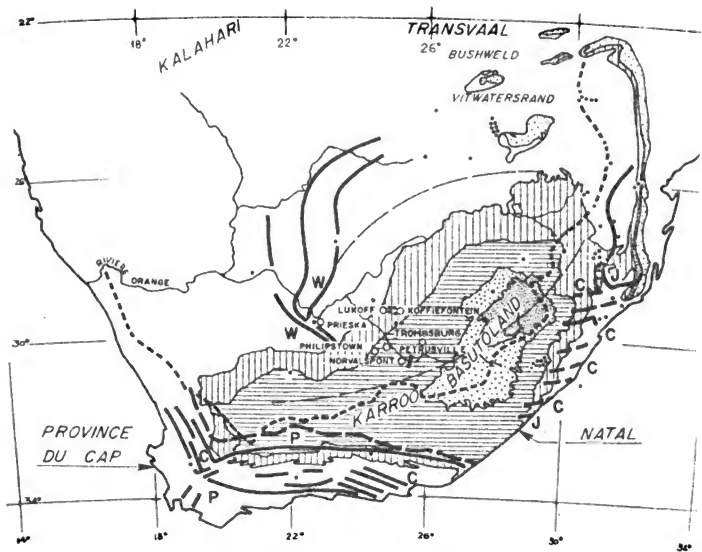
Les intrusions de dolérites se présentent sous la forme de dykes subverticaux et très étroits ou au contraire de sills horizontaux ou très légèrement inclinés avec d'assez grandes variations d'épaisseur ; on peut toutefois, pour les caractériser, utiliser la notion de pendage. Cette injection de lave fut accompagnée par un plissement qui a dessiné déjà l'actuelle morphologie de l'Afrique du Sud. Ces plissements ont reçu le nom de "Plissement du Cap".

Pendant le Jurassique, a eu lieu une longue érosion au cours d'une période assez sèche qui a duré jusqu'au Crétacé inférieur. Pendant le Crétacé moyen, des mouvements tectoniques forment des plissements et des failles qui empruntent principalement les vieilles cassures triasiques. Ces mouvements aboutissent de donner à l'Afrique du Sud sa forme actuelle. Pendant ce temps, l'Océan qui l'entoure commence à s'approfondir. A la fin du Crétacé, apparaissent les cheminées de Kimberlites.

Le Cénozoïque est une période de pénplaination suivie par l'exhaussement périphérique qui laisse au centre de l'Afrique un bassin fermé formant le désert du Kalahari dans lequel se dépose du sable. L'exhaussement continu encore actuellement.

2. 12. Géologie régionale

Le site d'Hendrik Verwoerd (planche 12) est situé dans des dolérites injectées dans les sédiments du Beaufort qui forment un étage du système du Karroo. Ces sédiments sont estimés, aux environs du site, avoir une épaisseur d'environ 1000 m ; ils consistent en des grès, des argilites litées et des argilites massives pâles, feldspathiques.



SYSTEME DU KARROO

- | | | | |
|-------|---|--|-------------------------------|
| ----- | GRAND ESCARPEMENT |  | SERIE VOLCANIQUE DU STORMBERG |
| ———— | LIMITE SUD DES DOLERITES
DU KARROO. |  | SERIE STORMBERG |
| • | EPICENTRE DE TREMBLEMENTS
DE TERRE. |  | SERIE DU BEAUFORT |
| ----- | FLEXURE TERTIAIRE. |  | SERIE DE L'ECCA |
| ———— | W MOUVEMENTS TECTONIQUES POST WATERBERG | | |
| ----- | P MOUVEMENTS TECTONIQUES
PERMO TRIASSIQUE. | | |
| | J MOUVEMENTS TECTONIQUES
JURASSIQUES. | | |
| ———— | C MOUVEMENTS TECTONIQUES
CRETACE. | | |
-  BARRAGE
D'HENRIK VERWOERD

Alors que la partie Sud du Karoo était sujette à un tectonisme assez sévère, la partie NW comprenant le site est beaucoup moins perturbée et affectée seulement d'une rotation due à l'élévation de la partie SSE de la contrée pendant la période tertiaire. On peut observer seulement quelques rares grandes failles et des cisaillements de direction ENE-WSW dus au rejeu de vieux accidents profonds datant de la fin de la période du Karoo et affectant le socle.

2. 121. Les roches en place

Le site est constitué par les sédiments du Beaufort inférieur et moyen et par les dolérites intrusives.

a) Les sédiments

Les sédiments se présentent en bandes alternées sableuses ou phylliteuses ; le matériel moyen est formé par une argilite litée parfois gréseuse, grisâtre, avec une stratification subhorizontale. Quelquefois, cette argilite est intrastratifiée avec des lentilles sableuses, de quelques mètres seulement d'épaisseur, qui ne s'étendent que sur quelques dizaines de mètres avant de se pincer. L'analyse minéralogique d'échantillons de sédiments montre la présence de :

- quartz (jusqu'à parfois 75%)
- chlorite
- illite
- eau de constitution (parfois 2%)
- carbonate (Ca et Mg)

Exposés à l'air, ces sédiments perdent leur cohésion par divisions successives en petites paillettes conchoïdales. Ce processus est accéléré par une alternance de cycles de dessiccation et d'humidification. Cette décomposition est purement mécanique ; plus tard, les particules d'argilite tournent, par décomposition chimique, en un matériel argileux.

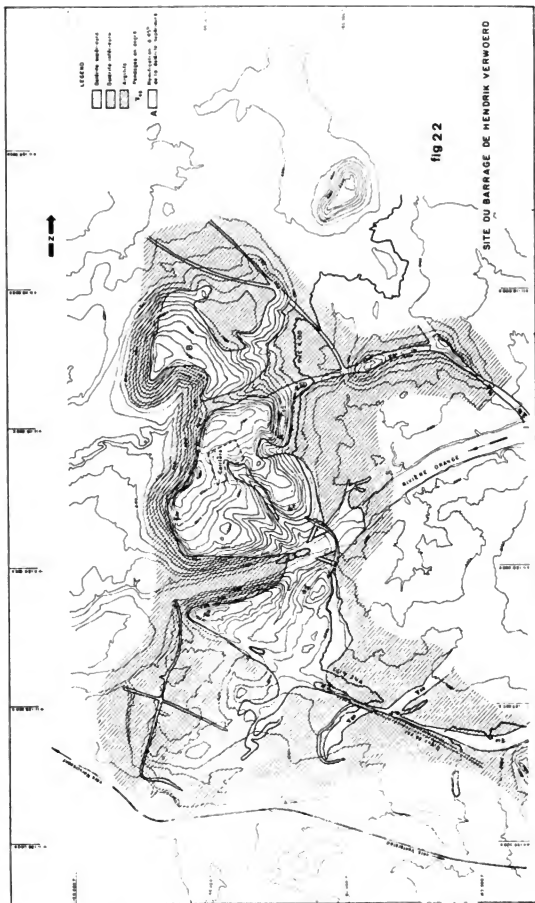
L'argilite est en général un matériel assez mou, parfois elle est poreuse dans ses parties sableuses. Au contact avec les dolérites, elle a été durcie et transformée en matériel extrêmement dur, à cassure conchoïdale appelée lydianite par les géologues locaux. Cette zone de transformation existe sur quelques mètres, parfois même sur une trentaine de mètres. On constate en général que les sédiments en dessous d'un sill de dolérite sont beaucoup plus transformés par cuisson que ceux se trouvant au-dessus.

b) Les dolérites

Les dolérites sont généralement assez foncées, à grains moyens ; leur densité est comprise entre 2,90 et 3,05. Elles contiennent des minéraux calciques et ferrugineux qui favorisent l'altération.

Dans les environs du site (figure 22), la formation qui prédomine est un massif de dolérite formant un large sill avec un pendage de 10° à 15° SSE. L'épaisseur maximale de ce sill est de 80 à 100 m ; c'est lui qui supportera les fondations du barrage et dans lequel est implantée la carrière. Ce sill est en relation avec deux dykes :

- un au Sud, qui agit comme une frontière Sud pour le sill précédent ; il date vraisemblablement de la même époque ; la dolérite est de même nature et son pendage est très redressé (85° vers le Nord).
- le deuxième, qui constitue la frontière Nord du sill de dolérite, date également de la même époque ; la dolérite est de même nature pétrographique ; son pendage est très redressé vers le Sud.



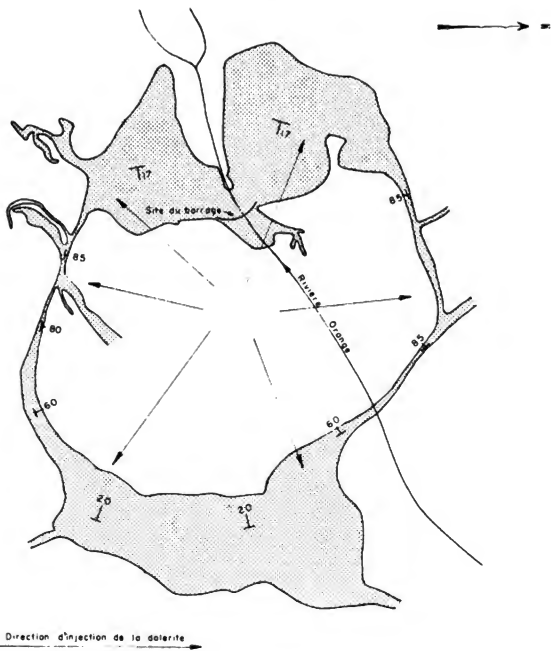


fig23

SITE DU BARRAGE DE
HENDRIK VERWOERD

SCHEMA DE L'INJECTION CÔNIQUE
(CÔNE SHEET)

echelle 1: 50 000

Ces deux dykes, en changeant de direction et avec des adoucissements de pendage, s'épaississent et viennent former un autre massif de dolérite à quelques 5 km du site vers le SE ; ce dernier massif évoque également l'apparence d'un sill, son pendage est de 10° à 20° vers l'Ouest. Il semble également que la dolérite soit de même composition. Cette disposition suggère une injection conique (RITTMAN - 1963), l'origine du matériau injecté se situant sous les sédiments restant encore au milieu de ce cône (figure 23).

En plus de cette disposition principale, quelques autres petits massifs viennent se greffer sur l'ensemble. D'abord, un autre sill de dolérite qui n'affleure que très peu dans la rivière, mais a été reconnu par les sondages ; il s'étend sous le premier sill, et se retrouve sous la carrière en profondeur ; il est plus vieux que le système précédent ; toutefois il est probable que ces deux injections de dolérite se sont suivies extrêmement rapidement dans le temps ; le pendage de ce dernier sill est très irrégulier ; sous le barrage, il est de 10° à 40° vers le Sud et son épaisseur est rarement supérieure à 25 ou 30 mètres.

On trouve ensuite deux petites unités émanant du premier système. Une première A, dont le pendage est de 45° vers l'intérieur du cône, est une dolérite qui semble être exactement la même que celle du système principal ; il s'agit probablement d'une émanation de ce système par injection dans des fissures beaucoup plus verticales. Plus au Nord, un deuxième petit massif B, de même nature également et contemporain du premier, semble avoir été injecté plus au large et alimenté à partir du système principal par un dyke.

2.122. Les tremblements de terre

La possibilité d'une activité sismique due à la surrection actuelle du Sud et de l'Est de l'Afrique du Sud a été examinée. On peut voir, d'après les informations disponibles (figure 21), que ces tremblements de terre sont plus fréquents en-dessous du grand escarpement, mais qu'il existe également des activités assez intenses dans l'Ouest du Transvaal et dans le SW de l'Etat Libre d'Orange.

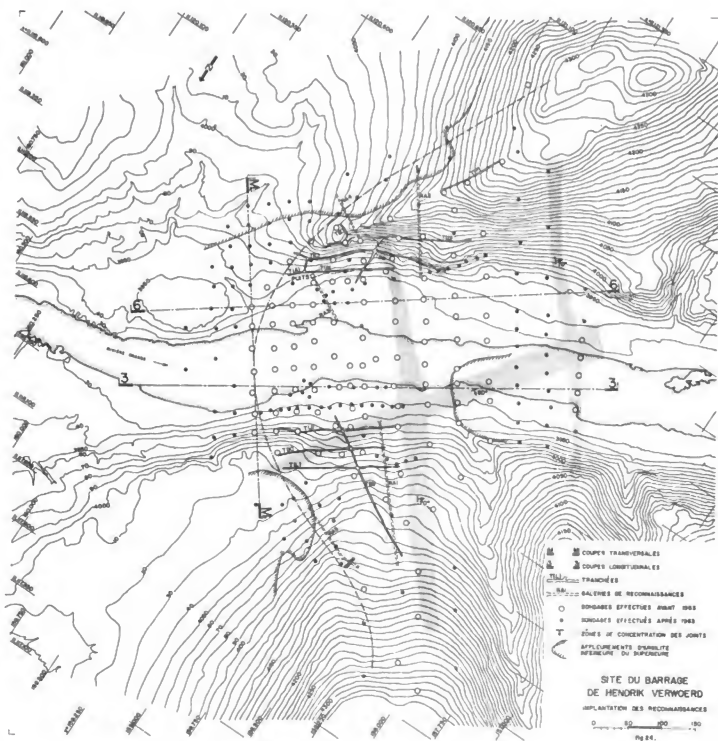
C'est dans cette dernière zone que se situe le barrage. Les épicentres semblent particulièrement concentrés dans la région de Koffiefontaine et de Lukoff ; on en trouve également dans la région de Prieska et de Philipstown.

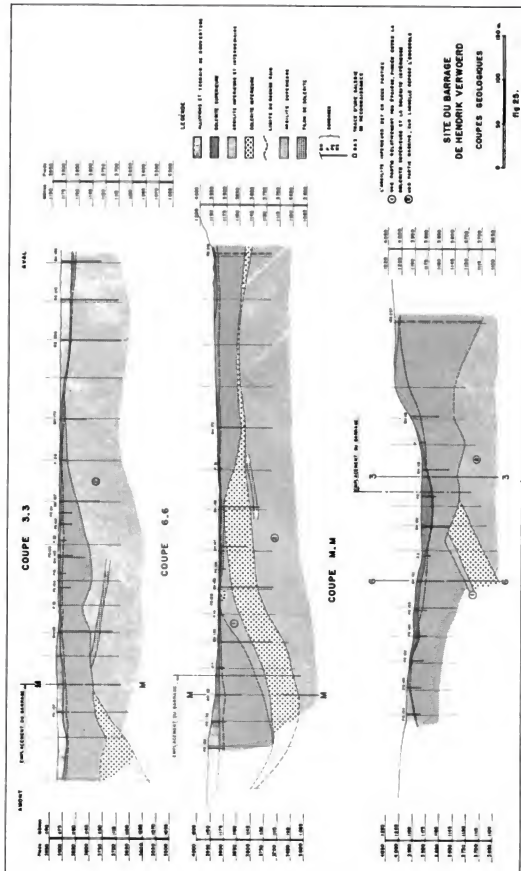
Les magnitudes instrumentales connues ne semblent pas atteindre plus de 4,7 (5 Mercalli), leur moyenne étant entre 3 et 4. Cela correspond à des accélérations horizontales de 0,05 g. Il est difficile d'expliquer ces mouvements ; différentes raisons en ont été données : on a incriminé une zone magmatique profonde dans la région de Trompsburg ; cette formation profonde ignée serait même à l'origine d'une anomalie de gravité. On a également incriminé l'activité des failles Post-Waterberg ; toutefois, il a été très difficile de trouver une relation entre le lieu des épicentres et les accidents géologiques.

L'épaisseur des sédiments au voisinage du barrage a été estimée à 1000 à 1200 mètres. La probabilité d'un épicentre juste sous le barrage est extrêmement faible, d'autre part, les couches horizontales de sédiments sont réputées comme étant pauvre conducteur des vibrations dans une direction perpendiculaire. On a donc retenu une valeur de l'accélération verticale de 0,05 g.

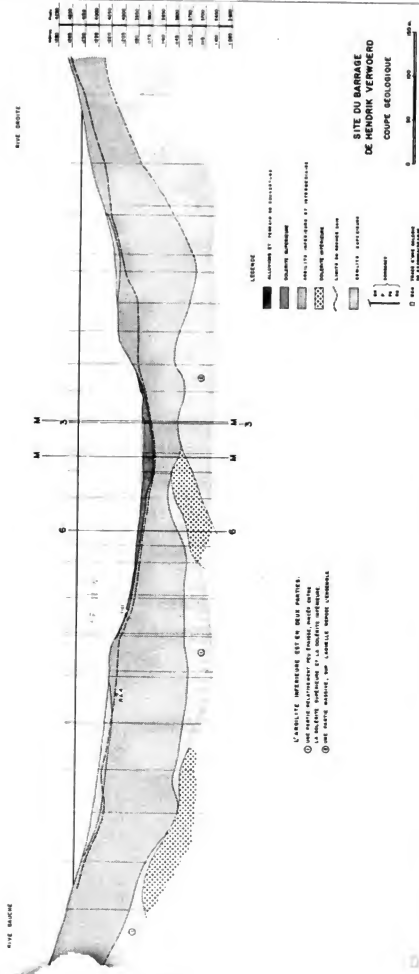
2.2. Géologie de détail du site

La géologie de détail du site a été étudiée principalement à l'aide de tranchées, de sondages et de galeries (figure 24). En effet, la grande profondeur d'altération, la forte division de quelques affleurements existants et la superposition de deux matériaux (argilite et dolérite) nous a contraint à rechercher, par des moyens appropriés, ce que les affleurements nous refusaient : la structure du site.



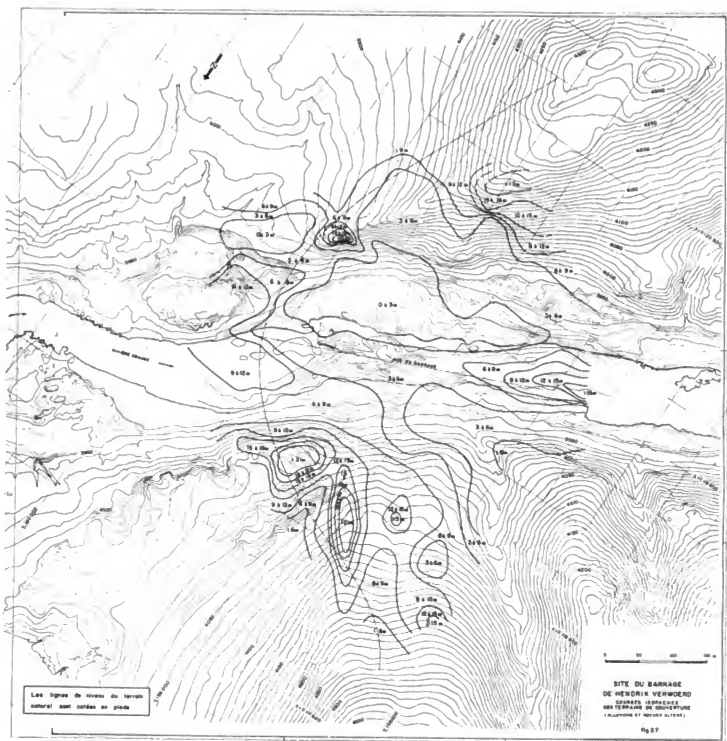


ELEVATION AMONT DEVELOPEE



L'ARCADE INTERIEURE EST EN DEUX PARTIES.
 (1) COTE NORDIC DELIMITANT LES FONDIS, MOULDS ET/OU
 (2) COTE NORDIC DELIMITANT LES FONDIS, MOULDS ET/OU
 (3) COTE NORDIC DELIMITANT LES FONDIS, MOULDS ET/OU

SITE DU BARRAGE
 DE HENDRIK VERWOERD
 COUPE GEOLOGIQUE
 0 50 100
 Fig 2.6.



2.21. Reconnaissances

La longueur totale des tranchées, faites en rive droite et rive gauche est à peu près de 1600 m, les profondeurs allant de 1 à 7 m. Ces excavations n'ont pas nécessairement atteint le rocher sain ; elles ont été arrêtées dès le rocher en place atteint car, même altéré, ce rocher laisse apparaître les discontinuités qui le divise.

Les sondages ont été faits en 2 campagnes ; une première campagne comportant 125 trous, totalisant 4600 m, a été exécutée avant notre arrivée sur le site, et une deuxième campagne comportant 150 trous, totalisant 5400 mètres, a été exécutée sous notre direction.

Les reconnaissances souterraines ont consisté en 5 galeries, totalisant 700 m et en un puits de 25 m.

Toutes ces reconnaissances, avec le relevé des affleurements, ont permis de dresser des plans et des coupes très précis du site.

2.22. Résultats des reconnaissances

Les plans des figures 25 à 27 dressés à l'aide des renseignements fournis par les affleurements, les tranchées, les sondages et les galeries, montrent la géométrie du site, c'est-à-dire la position des contacts, les épaisseurs de terrains de couverture et les grandes discontinuités.

Nous avons pu aussi faire une série de coupes parallèles systématiques (longitudinales de 1 à 16 et transversales de A à Q) précisant le site sans grandes interpolations. Nous donnons ici, (figures 25 et 26), les trois coupes les plus représentatives ainsi que l'élevation développée le long de l'implantation retenue.

Nous avons indiqué (fig 27) les épaisseurs de terrains de couverture ; on peut ainsi voir les fossés d'altération de la rive droite dus à une série de diaclases concentrées.

La continuité horizontale (par les tranchées et les galeries) et celle verticale (par les sondages) des reconnaissances ont permis de s'assurer qu'il n'y avait aucun accident continu traversant le site. Seules les zones de concentration de diaclases, sans aucun remplissage plastique, ont été décelées. Nous en avons relevé une dont le pendage est de 85° vers le NW et deux de 70° vers le NE. Ces zones semblent favoriser l'altération du rocher, ce qui explique, dans certaines zones, la grande profondeur d'altération.

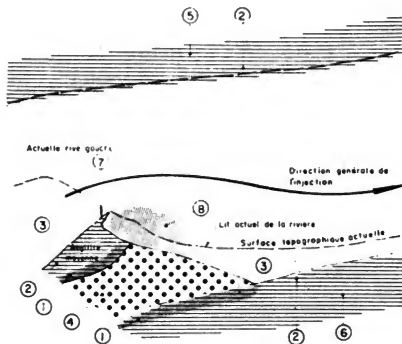
2.221. La dolérite inférieure

Elle s'étend surtout sous la rive gauche et sous la rivière et forme un sill qui a des formes assez irrégulières ; il s'amincit à l'aval, s'épaissit en plongeant fortement sous la rive gauche à l'amont et il se retrouve parfois en contact avec la dolérite dite supérieure formant la fondation directe du barrage. La dolérite inférieure est parfaitement saine partout ; elle a été vue dans 18 sondages et à l'extrémité de la galerie RA 3.

2.222. La dolérite supérieure

C'est elle qui forme le site avec ses reliefs voisins ; elle a une épaisseur moyenne d'une centaine de mètres mais une forte altération superficielle qui peut atteindre jusqu'à 30 mètres réduit d'autant l'épaisseur du rocher de fondation. Les contacts de cette dolérite supérieure, soit avec l'argilite environnante, soit avec la dolérite inférieure sont dans l'ensemble parfaitement nets. On constate simplement un changement dans la forme et la taille des cristaux ; à partir de 0,50 m à 3 m, la granulométrie moyenne de la dolérite passe alors à une granulométrie extrêmement fine, puis au contact, la surface de séparation est nette et l'on passe soit à l'argilite elle-même, parfois cristallisée, soit à la dolérite inférieure à gros cristaux. Dans tous les cas, le contact est parfait. On a trouvé seulement 5 sondages, sur les 78 ayant pénétré dans les argilites, où il y avait un doute sur la cohésion du contact.

La dolérite supérieure couvre, sous la rive gauche, un biseau d'argilite reposant lui-même sur la dolérite inférieure (coupe MM figure 25). Ceci est probablement dû au fait que la dolérite inférieure, injectée la première, a cuit une première fois le sédiment environnant qui s'est trouvé durci et a résisté lors de l'injection de la seconde venue de la dolérite. Il est intéressant de noter que cette structure est liée à des affleurements de surface qui présentent des caractéristiques légèrement différentes des affleurements voisins. La dolérite au voisinage des biseaux d'argilite est beaucoup plus sujette à l'érosion et à l'altération et présente un réseau de joints différents. Si on admet une mise en place à partir d'un foyer profond suivant la surface conique proposée précédemment, on connaît la direction de l'écoulement (figure 28). Une partie du flot a été maintenue immobile à l'abri du biseau de sédiment durci, et a connu des conditions physico-chimiques différentes de celles de la dolérite s'écoulant normalement, d'où une solidification différente.



LEGENDE

- (1) PREMIÈRE CUISON: L'ARGILITE PAR LA DOLERITE INFÉRIEURE
- (2) DEUXIÈME CUISON DE L'ARGILITE PAR LA DOLERITE SUPÉRIEURE
- (3) DOLERITE SUPÉRIEURE
- (4) DOLERITE INFÉRIEURE
- (5) ARGILITE SUPÉRIEURE
- (6) ARGILITE INFÉRIEURE
- (7) ARGILITE MOBILISÉE RECONNUE DANS LA TRANCHEE (E) ET LA GALÉRIE (R 4)
- (8) DOLERITE SUPÉRIEURE MISE EN PLACE D'UNE FAÇON DIFFÉRENTE, DONNANT DES SYSTÈMES DE JOINTS ET UNE ALTÉRATION DIFFÉRENTS

2. 223. Structure secondaire

Les sondages ont décelé une petite structure qui est une veine de dolérite d'une épaisseur moyenne de 3 m qui traverse l'argilite et semble être une émanation de la dolérite supérieure. Cette petite structure est assez profonde, elle n'intéresse jamais les fondations futures.

2. 224. Les argilites litées

a) Elles peuvent être divisées en 2 grandes masses : la formation inférieure sur laquelle repose la dolérite constituant les fondations du barrage et la formation supérieure constituant la cuvette et qui repose sur les dolérites du barrage.

b) La formation inférieure est elle-même divisée en deux parties assez distinctes (figures 25 et 26) :

- la partie basse (2) sous la rive droite ; le contact est à peu près à 30 - 40 m, sensiblement parallèle à la surface topographique et se prolonge rive gauche sous la dolérite inférieure.
- la partie médiane (1), qui est pincée entre la dolérite supérieure et la dolérite inférieure sous la rive gauche, a donc été cuite deux fois ; c'est elle qui forme le biseau mentionné ci-dessus et la bosse du pied de la rive gauche qui est seulement couverte par 0,30 m de dolérite (coupe 6-6) ; heureusement, elle plonge extrêmement vite à l'amont de sorte qu'en déplaçant seulement l'implantation de quelques dizaines de mètres, il est possible de garder sous le barrage, une épaisseur de dolérite d'au moins 25 m.

c) La formation supérieure s'étend à l'amont sur de grandes distances ; c'est elle, dans l'hypothèse avancée, qui forme le couvercle de l'injection conique.

2. 225. Le terrain de couverture

Le terrain de couverture, au-dessus de la surface de rochet sain, est constitué par deux niveaux : un niveau supérieur de sable, gravier et cailloux, un niveau inférieur formé par la dolérite décomposée ou fortement diastisée.

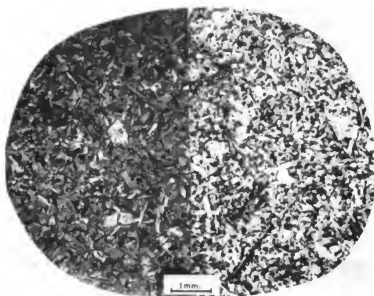
2.3. Pétrographie des roches.

2. 31. La dolérite inférieure (figure 29)

Elle est à grains moyens, sauf au contact avec le sédiment où elle devient de plus en plus fine sur une épaisseur de 0,50 m à 1 m. Cette dolérite est composée principalement :

- de cristaux de plagioclases calciques de 0,2 mm à 0,6 mm en forme de petites lattes.
- de cristaux d'augite, parfois extrêmement importants, la moyenne des cristaux étant de 0,6 mm à 0,7 mm.
- de pyroxène orthorhombique,
- de groupes de très petits cristaux chloriteux associés avec des zéolites qui peuvent arriver même à cimenter certaines fissures dans les feldspaths.

Le pourcentage de feldspath est légèrement supérieur à celui des pyroxènes, la texture est subophitique.

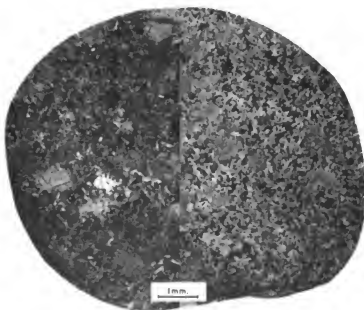


Lumière polarisée

Dolélite inférieure

Lumière naturelle

fig 29 - SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD - Echantillon provenant du sondage R S 213 A 11 mètres.
 Roche moyennement grenue à structure subophitique, montrant : des lattes de plagioclases
 de larges cristaux de pyroxène et d'augite.



Lumière polarisée

Dolélite supérieure

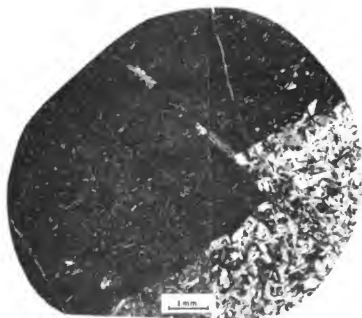
Lumière naturelle

fig. 30 - SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD - Echantillon provenant du sondage P S 104 à 13,50 mètres
 Roche moyennement grenue montrant :
 des lattes de plagioclases,
 de très grands cristaux d'olivine et de pyroxène donnant un aspect tacheté.

2.32. La dolérite supérieure (figure 30)

Elle est également à granulométrie moyenne, sauf au contact avec l'argilite ou la dolérite inférieure (figure 31) où la taille des cristaux diminue jusqu'à former une pâte cryptocristalline dans laquelle subsistent quelques microlites. La dolérite supérieure se compose :

- de cristaux de plagioclases formant de petites lattes de 0,5 mm de long et de 0,05 mm d'épaisseur, parfois légèrement zonées avec un cœur basique d'anorthite et une frange fine plus acide d'oligoclase. Les cristaux forment un réseau légèrement moins bien organisé que celui des dolérites inférieures,
- de cristaux beaucoup plus importants de 1 à 2 mm d'olivine avec une altération magnétitique dans les craquelures,
- de diopside qui se présente soit sous forme de cristaux clairs craquelés non altérés, soit de cristaux ouralitisés avec apparition de homblende brune et de quelques microfibrilles de trémolite, soit de cristaux presque complètement altérés formés de petites éponges de trémolite et d'actinote,
- de zones de micro-cristaux phylliteux (biotite, chlorite), d'un oxyde métallique (magnétite) et de micro-cristaux produits par l'altération des pyroxènes.



Lumière polarisée

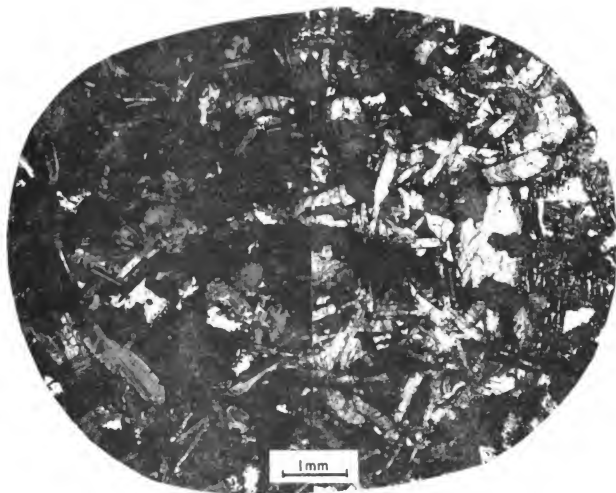
Lumière naturelle

Contact entre dolérites supérieure et inférieure

fig. 31 - SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD - Echantillon provenant du sondage R S 246 à 70 mètres. La dolérite supérieure est microcristalline avec seulement quelques microlites alors que la dolérite inférieure est inchangée.

Le pourcentage des feldspaths est ici légèrement inférieur à celui des minéraux noirs. La texture est très souvent pœcilitique, l'aspect tacheté, qui est le caractère essentiel de la dolérite supérieure, est dû aux gros cristaux de pyroxène ; jamais la dolérite inférieure ne présente ce caractère.

Dans certaines zones, la dolérite se présente sous une forme différente, à granulométrie beaucoup plus grossière avec une texture ophitique très distincte et une disparition complète du petit matériel micro-cristallin chloriteux (figure 32). La zone spéciale mentionnée lors de l'étude de la mise en place de la dolérite supérieure appartient à ce type.



Lumière polarisée

Dolérite supérieure

Lumière naturelle

fig. 32 - SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD - Echantillon provenant du sondage P S 132 à 14 mètres.

Passée exceptionnelle de dolérite très grenue, à texture ophitique. Le passage de cette dolérite à la dolérite classique est progressif.

2. 33. Les contacts des dolérites avec les sédiments dans la zone de simple cuisson

Les sédiments (argilites) montrent du quartz en très petits cristaux et un fin matériel chloriteux ; l'ensemble est seulement durci, la frange de transformation est extrêmement nette et se présente sous la forme d'un très petit ruban mesurant seulement 0,1 mm.

Après le contact, la dolérite montre également une frange de transformation de 0,1 mm où elle est micro-cristalline avec simplement quelques cristaux de feldspath, puis elle redevient progressivement normale.

2. 34. Les dolérites altérées - Mécanisme de l'altération (figure 33).

Il semble que l'altération chemine d'abord dans un réseau de petites craquelures s'ouvrant dans les petits amas de micro-cristaux de chlorite et de biotite présents dans le rocher à un degré variable. Ces craquelures sont colmatées par des oxydes opaques avec une notable augmentation de volume.

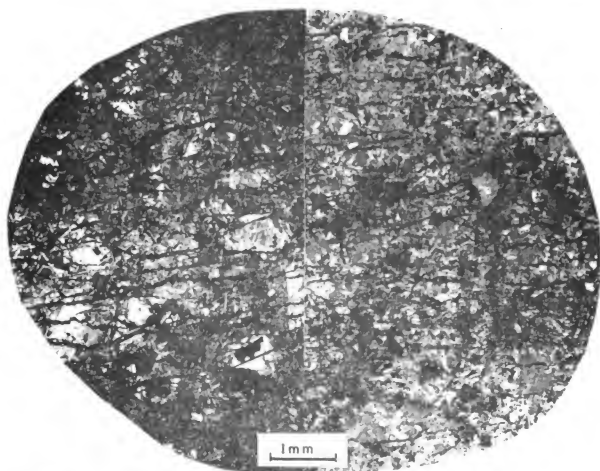


fig. 33 Lumière polarisée Dolérite supérieure altérée Lumière naturelle

SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD - Echantillon prélevé à l'affleurement.

Les petites fractures, remplies d'oxydes gonflants parcourent généralement les interstices distribués entre les cristaux de plagioclases et coupent quelques cristaux de pyroxène. La roche ainsi décomposée s'émiette d'abord en paillettes puis se transforme en arène.

Dans le premier état d'altération, les feldspaths et les pyroxènes et même souvent l'olivine ne sont absolument pas altérés, il y a simplement division et écartement des cristaux le long de lignes empruntant de préférence les concentrations de phyllites extrêmement fines. Puis, dans un état un peu plus avancé, l'altération attaque les cristaux plus larges : elle commence par l'olivine, continue avec les pyroxènes pour terminer avec les feldspaths. La présence des petites concentrations d'éléments chloriteux est donc particulièrement influente puisqu'elle semble dicter la susceptibilité de la roche à l'altération. Il est malheureusement impossible d'en présenter une répartition géographique ; on peut simplement affirmer qu'ils sont beaucoup moins nombreux dans la dolérite inférieure. L'altération s'opère extrêmement lentement et la présence des oxydes tend à montrer qu'elle est superficielle.

D'autre part, la limite d'altération est très nette, soit qu'elle affecte des joints avec production de boules, soit même qu'elle affecte de grandes dalles (figure 34).

2.4. Les discontinuités structurales

L'étude des joints et des diaclases est très intéressante puisque c'est un des facteurs qui régit la géométrie du site. Les réseaux de discontinuités sont extrêmement développés : leurs directions ont été étudiées par la méthode statistique. On a opéré par cheminement orthogonaux, soit dans les tranchées et dans les galeries horizontales, soit dans les puits et les tranchées à tendance verticale. Les deux rives présentent des résultats à peu près analogues.

Par contre, on peut déceler des différences notables entre les discontinuités mécaniques des dolérites et celles des argilites. Nous avons décomposé ces discontinuités en surfaces étendues et planes, et en petits joints souvent très irréguliers.

Le graphique polaire de la figure 35 montre la répartition spatiale statistique des surfaces étendues.

a) dans l'argilite

Les joints de sédimentation horizontaux à maille de 1,50 m sont très visibles.

- Deux réseaux orthogonaux verticaux orientés ESE-WNW et NNE-SSW à maille moyenne métrique existent également.

b) dans la dolérite

Les joints parallèles au pendage du sill, de faible pente : 10° à tendance ENE, dont la maille moyenne est 1 m, résultent sans doute de la mise en place des dolérites. Les différences de vitesses existant dans l'écoulement ont favorisé des laminages dans la masse, isolant finalement des "bancs" lors de la solidification. Cette division est invisible à l'échelle de l'échantillon.

On peut aussi relever un réseau de diaclases verticales dont les horizontales sont NE-SW et un autre beaucoup moins net, dont les horizontales sont SE-NW, de pendage 60° vers le SW. La maille moyenne est de 6 m à 10,00 m rive droite et seulement de 5,00 m rive gauche.

Fréquemment, ces surfaces très planes de discontinuité sont soulignées par un film secondaire dont l'analyse a été faite en différents points du site. La moyenne de 7 échantillons est la suivante :

- Laumontite	46%
- Apophillite	21%
- Girolite	4%
- Chlorite gonflante et talc	10%
- Calcite	19%



Photo No 8

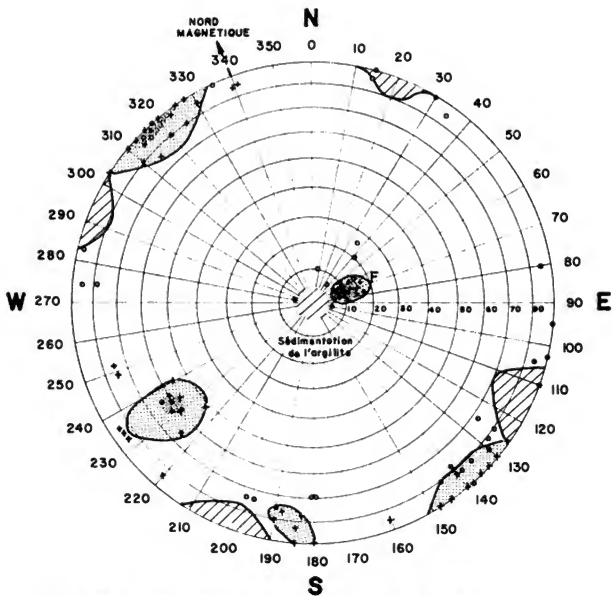
Décomposition de la dolérite suivant deux systèmes de joints orthogonaux avec formation de blocs arrondis de dolérite encore saine.




Photo No 9

Limite de décomposition très nette d'une dalle de dolérite, la partie inférieure est exempte de toute altération, la partie supérieure est transformée en arène.

fig 34.



 JOINTS DANS L'ARGILITE, ECARTEMENT 1,00 A 1,50mètres

 JOINTS DANS LA DOLORITE { F. joints parallèle au pendage du SIII. Ecartement: 1,00m.
 joints rive droite. Ecartement: 6,00m. a 10,00 m.
 joints rive gauche. Ecartement: 5,00 m.

EPAISSEUR DES JOINTS CHLORITEUX CALCITEUX OU REMPLIS DE ZEOLITE: 0,20 A 2mm.

fig 35.

Les zéolites (apophillites, girolites et laumonites) sont assez épaisses, parfaitement cristallisées, alors que les épontes, formées principalement de chlorite et de talc, n'ont que 0,1 mm d'épaisseur ; la calcite n'est pas toujours présente dans tous les échantillons.

Le graphique polaire de la figure 36 montre la répartition spatiale statistique des petits joints. Il s'agit là beaucoup plus de cassures potentielles ouvertes par l'explosif que de diaclases proprement dites.

On peut toutefois reconnaître la direction de la sédimentation de l'argilite, la direction de pendage du sill de dolérite et des réseaux diffus analogues aux réseaux des discontinuités principales. Les mailles moyennes dans l'argilite sont de 0,3 m à 0,4 m ; dans la dolérite, de 1 m à 2 m rive droite et 1 m rive gauche.

2.5. Résumé

L'examen des conditions géologiques générales et l'analyse détaillée du site font ressortir un certain nombre de points qui demanderont à être analysés par des essais et pris en considération par le projeteur.

L'altérabilité à l'air et la division potentielle des argilites en font un matériel fragile incapable de constituer une fondation de barrage en béton. De plus les argilites sont très susceptibles d'être érodées lors du déversement de grands volumes d'eau à forte énergie.

Bien que la topographie de la gorge à 1 km à l'aval du site actuel soit très favorable à la mise en place d'un barrage voûte, les fondations auraient été alors entièrement dans les argilites. On a donc reporté l'implantation beaucoup plus à l'amont, pour que toutes les fondations soient dans la dolérite.

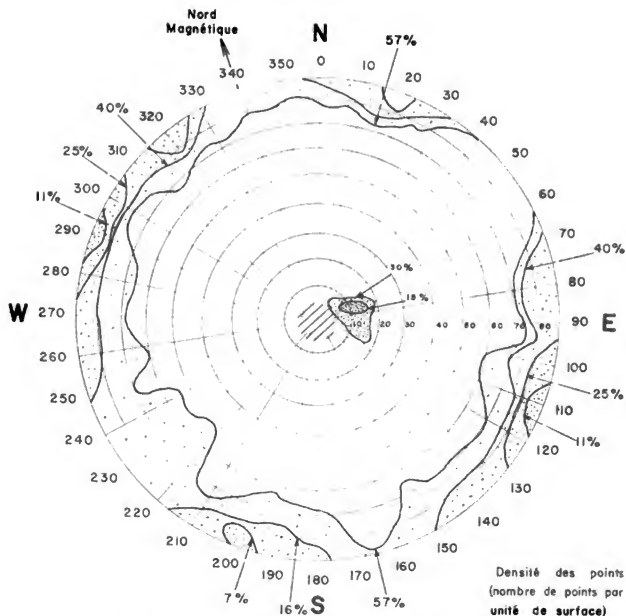
Il n'en reste pas moins le problème de la tenue des argilites affleurant à 100 m à l'aval du barrage prévu actuellement. Il semble délicat de compter sur la langue de dolérite, d'épaisseur faible, qui les protège car un déversement met en œuvre des phénomènes dynamiques qui peuvent arracher cette dolérite même de bonne qualité.

Les dolérites étant un matériel intrusif, on peut donc penser qu'après refroidissement, elles aient retenu un certain degré de contraintes internes qui peut être dangereux dans les cas d'ouverture de fouilles assez grandes ou d'ouvrages souterrains.

La présence d'argilite sous la fondation pose ensuite le problème du comportement de cette roche supportant de la dolérite lorsque le terrain sera complètement imbibé par l'eau de la retenue. On a vu, en étudiant la géologie particulière, que l'argilite n'est pas en communication directe avec la retenue puisqu'elle en est séparée par le sill de dolérite qui est continu et dont l'épaisseur a une trentaine de mètres. L'étude de l'étanchéité de cette dolérite est donc primordiale ; elle a été examinée par une campagne d'essais d'injection d'eau qui a montré que seule, la zone de contact dolérite-argilite, était un peu moins imperméable tout en satisfaisant largement aux critères habituels.

La dualité dolérite-argilite pose également le problème de la tenue mécanique de la liaison. Nous avons vu que cette liaison était satisfaisante, mais nous avons néanmoins fait un certain nombre d'essais de déformabilité tendant à comparer argilite et dolérite.

Lors de l'étude du contexte géologique, nous avons vu que les argilites et dolérites, formant le Karroo, avaient émergé dès le Trias. Ne pourrait-on craindre une altération qui aurait cheminé en profondeur et aurait affaibli généralement les roches ? C'est peu probable car du fait de la surrection continue de l'Afrique du Sud, l'érosion est active : le creusement de la vallée du site est récent. D'autre part, l'imperméabilité remarquable des deux roches n'est pas favorable aux cheminements de l'eau.



Les pourcentages donnent la proportion de points existant à l'intérieur de la courbe correspondante

/// SEDIMENTATION DE L'ARGILITE

ECARTEMENT DES JOINTS DANS LA DOLERITE RIVE GAUCHE 1,00mètre

ECARTEMENT DES JOINTS DANS LA DOLERITE RIVE DROITE 1,00 et 1,50mètre

ECARTEMENT DES JOINTS
DANS L'ARGILITE 0,30 mètre

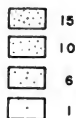


fig 36.

3. SITE DU BARRAGE DE TACHIEN

Dans les deux sites envisagés précédemment, nous avons étudié plus spécialement le problème de la fondation rocheuse de l'ouvrage lui-même. Dans le cas du site du barrage de Tachien, les reconnaissances ont été orientées surtout vers l'étude d'un éperon particulièrement aigu dont l'équilibre, après mise en eau, pouvait être précaire. Nous étudierions donc les fondations du barrage comme dans les précédents paragraphes et, de plus, la structure de l'éperon naturel.

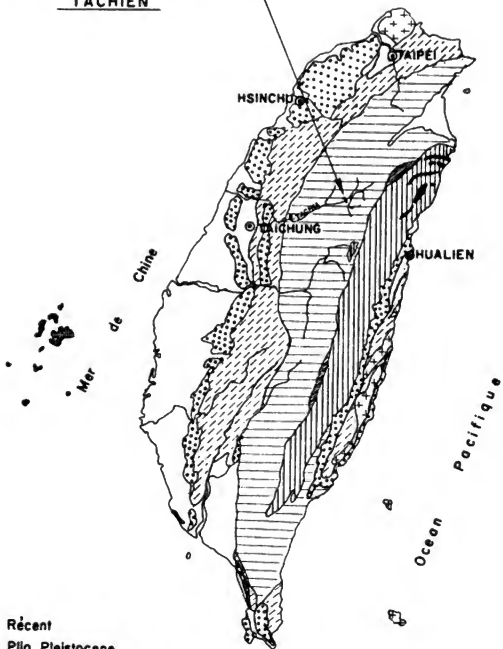
Le site du barrage de Tachien est situé sur la rivière Tachia, à 90 km au SSW de Taïpei, dans l'île de Formose (figure 37). On y prévoit la construction d'un barrage voûte en béton d'une hauteur de 200 m dans une vallée aux parois très raides.

3.1. Conditions géologiques générales

Le tableau ci-dessous donne l'échelle stratigraphique des principales formations rencontrées à Formose dans la région du site étudié :

ERES	ETAGES	FORMATIONS	AGE en millions d'années
Récent. Quaternaire	Pléistocène	Alluvions Graviers et terrasses	2
Tertiaire (Cénozoïque)	Phase de tectonisme intense - Pliocène Néogène - Miocène	Tokazan Takuran Maanrys Makumo Oryukei	25
	Phase de tectonisme intense - Oligocène Nummulitique - Eocène	Siutyoryu) Série Hakurei) SUO	60
Secondaire (Mésozoïque)	Crétacé Supérieur	Série PIHOU	80
Primaire (Paléozoïque)		Socle métamorphique	220

Site du barrage de
TACHIEN



Récent
Plio-Pleistocene
Miocene & Pliocene
Eocene & Oligocene
Crétacé
Mésozoïque & Paléozoïque
Andésite
Basalte
Granite & Gneiss

0 50 100 150 Km

ESQUISSE GEOLOGIQUE
DE L'ILE DE FORMOSE

(d'après lexique stratigraphique, Vol III, fasc. 4)

fig 37.

3.11. Histoire géologique du massif

(Lexique Stratigraphique International, 1956 - Teichi Kobayashi, 1954).

Nos connaissances de la genèse de l'île commencent au moment où un dépôt géosynclinal de sédiments tertiaires d'une épaisseur d'à peu près 10 000 m se forme dans un bassin constitué par des matériaux métamorphiques. L'axe du géosynclinal est grossièrement N-S ; le complexe métamorphique du socle est une masse compliquée et indifférenciée comprenant des schistes, des calcaires cristallins, des grès avec un certain nombre de gneiss, de migmatites et de porphyres quartzeux injectés de diabases ; les calcaires cristallins sont attribués au Permien.

Les premiers sédiments qui reposent sur le socle métamorphique sont principalement des argilites sombres, parfois gréseuses, parfois ardoisières, intercalées de séquences massives de grès blancs grossièrement grenus contenant des lits phylliteux et charbonneux. Ces dépôts sont datés depuis le Crétacé supérieur jusqu'au Nummulitique. Cet ensemble formé des séries Pihou et Suo est remarquablement calme : les étages sont concordants.

A la fin de l'Oligocène, une grande activité tectonique commence à se manifester. Au cours de cette orogénèse, il y eut formation d'une cordillère qui fit émerger le socle métamorphique à l'Est. Les sédiments nummulitiques déjà déposés ont été ainsi pliés et très largement métamorphisés.

Pendant le Miocène, une transgression créa des conditions spéciales de dépôts de chaque côté de l'arrête centrale émergée, dans les deux petits géosynclinaux séparés, qui sont différenciés à partir de ce moment dans leur histoire sédimentaire et même tectonique.

Alors que dans le bassin de l'Est les dépôts miocènes commencent par une éruption de laves andésitiques, suivie par une accumulation de débris volcaniques, dans le bassin Ouest, celui du site, les sédiments se forment dans une mer peu profonde au Nord et un peu plus profonde au Sud. On passe ainsi de dépôts d'origine marine et continentale mélangés, formés de grès grossièrement grenus, de lits de charbon et de fins lits de silt et d'argile, à des dépôts monotones où alternent grauwakes et argilites sombres, massives ou litées. On constate partout des changements latéraux de faciès sur de courtes distances.

Au cours du Pliocène, on constate un approfondissement très net du bassin de sédimentation sud.

Au Pléistocène, une très forte activité tectonique commence et favorise l'émergence de la nouvelle île de Formose.

3.12. Structure

Les deux phases tectoniques principales ont découpé la partie centrale de l'île en unités limitées par de nombreuses failles linéaires verticales de direction NE-SW sur de très grandes distances, et par des cassures un peu plus diffuses et avec un moindre rejet, de direction orthogonale. On relève évidemment de nombreuses failles mineures, satellites des premières et sensiblement de même direction. TEICHI KOBAYASHI (1954) avance que les failles majeures de la région sont encore actives ; le centre primaire de l'île se trouve dans une zone où l'accélération horizontale due aux séismes est estimée à 0,2 g.

La structure particulièrement faillée de la dorsale de l'île est très favorable à la formation de sources thermales très souvent sulfureuses. On constate souvent d'une part, que leur température est constante (voisine souvent de 80°) et que d'autre part, leur débit est indépendant des pluies.

3.2. Géologie Régionale

3.21. Aperçu géologique

La rivière Tachia, sur laquelle est situé le site du barrage de Tachien, est une des principales rivières de Formose ; elle prend sa source à 3,740 m d'altitude et coule grossièrement vers l'Ouest à travers la principale structure de l'île. Sur presque tout le long de son cours, elle est entourée de très hautes montagnes ; la pente de son lit est très importante : 2 à 3% en moyenne.

Le site est localisé dans les schistes et quartzites de la formation de Hakurei. Les quartzites sont des sédiments marins de faible profondeur comme en attestent les ripplemarks qui sont très communément visibles sur le site dans les plans de sédimentation. Les schistes ont été déposés dans une mer légèrement plus profonde en parfaite concordance. De tels dépôts offrent des changements de faciès latéraux sur de relativement faibles distances de sorte que les corrélations sont généralement difficiles.

Le réservoir est entièrement inclus dans les argilites de la formation Siutyoryu ; ces roches, en profondeur, sont denses et saines, mais les nombreux joints qui les parcourent et les fractures que l'on y trouve parfois favorisent en surface une altération importante ; le rocher s'ouvre et on signale de nombreux glissements de terrain.

A quelques kilomètres, en amont du barrage, dans le réservoir, existent deux failles majeures importantes qui n'intéressent pas l'ouvrage. Par contre, de nombreuses failles mineures, qui, en général, cisailent des bancs faibles sont fréquentes sur le site.

On passe d'une formation à l'autre, c'est-à-dire des formations feuilletées fines du réservoir aux formations plus quartzueuses du site, très graduellement ; la rivière qui, coulait dans une vallée relativement ouverte, emprunte une gorge aux parois verticales : c'est le site.

3.22. Les formations

3.221. Hakurei

Cette formation est distribuée dans la partie médiane du bassin de la Tachia. Elle est constituée de quartzites intercalés avec du schiste dont l'épaisseur est à peu près de 200 m. Les horizontales sont orientées NNE-SSW. Le pendage est amont d'une soixantaine de degrés. La grande fragilité de la formation a favorisé la création de nombreuses discontinuités.

3.222. Siutyoryu

Cette formation est composée d'argilites noires, parfois d'ardoises ; ce sont des roches assez plastiques et très susceptibles d'altération. Les joints, extrêmement nombreux, facilitent les éboulements. L'épaisseur de la formation est à peu près de 2000 m.

3.223. Formations néogènes

En discordance sur les formations précédentes, à l'aval du site, on trouve la série des formations néogènes qui forment la suite des gorges qu'emprunte la route traversant l'île d'Est en Ouest.

3.224. Les terrasses et les graviers

On trouve des terrasses d'alluvions tout le long de la Tachia, à différents niveaux. La plus importante atteint une centaine de mètres d'épaisseur et la plus mince 30 m. D'une manière générale, l'épaisseur de ces terrasses augmente de l'amont vers l'aval. Leur âge et leur faciès permet de suivre l'histoire de l'érosion de la rivière qui

est actuellement dans une phase active.

3.3. Géologie du site (figure 38)

3.31. Topographie

Le site est formé par une gorge (figure 39) creusée dans des quartzites plus ou moins épais intercalés de bancs de schistes. Les parois sont subverticales au-dessus du fond de la rivière sur presque 100 mètres, puis s'évasent en gardant malgré tout une pente de 50° rive gauche et de 65° rive droite.

Les quartzites sont très durs avec des granulométries variant depuis le sable fin jusqu'au conglomérat. Les schistes sont noirs, denses et beaucoup plus altérables avec des bandes graphiteuses et argileuses. Structuralement, le site est un simple monoclinial avec des strates de pendage 60° à 75° vers l'amont, les horizontales étant NS à NNE-SSW,

La dualité des roches dures du site, à pendage amont, et des roches plus tendres de la retenue, est à l'origine de l'existence du ruisseau du Piton qui coule à l'amont le long des couches dures et vient se jeter dans la Tachia.

Celle-ci traverse perpendiculairement les bancs durs de quartzite et tourne ensuite à angle droit pour couler parallèlement aux bancs.

Cette érosion a créé, entre les deux cours d'eau, un éperon étroit aux flancs escarpés. La stabilité de l'éperon, sous l'effet de l'eau, a été étudiée par les ingénieurs avec le même soin que celle du site lui-même où est implanté une voûte de 200 mètres de hauteur. Les problèmes posés sont un peu différents, mais les reconnaissances géologiques et géomécaniques ont été menées en parallèle.

3.32. Reconnaissances

Les campagnes de reconnaissances ont été nombreuses. En effet, le projet a d'abord été étudié par les Japonais qui ont fait quelques sondages et creusé une demi douzaine de petites galeries.

Puis le Maître de l'Oeuvre s'est orienté vers les reconnaissances par galerie, les sondages n'étant utilisés que pour une reconnaissance de la position du bed-rock par exemple.

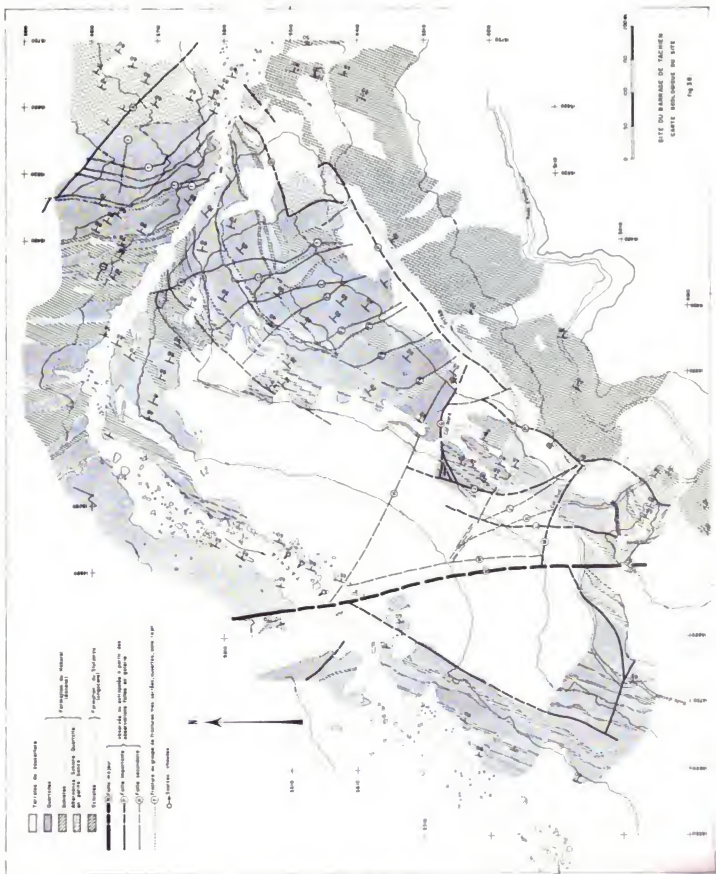
Nous ne décrivons ici que les travaux dont nous avons eu à nous occuper personnellement au cours de l'année 1982. Avant notre intervention, le projet comprenait une voûte de 237 m et un barrage auxiliaire en terre, destiné à éviter de saturer l'éperon. Pour l'étude du site, à ce stade, la gorge avait été percée de 34 galeries rive gauche et rive droite totalisant une longueur d'environ 3000 m, les rives de l'affluent amont, le Piton, étaient percées d'une cinquantaine de galeries totalisant environ 5000 m et la face aval de l'éperon d'une dizaine de galeries totalisant 800 m.

Pendant que nous étudions le site principal, la hauteur du barrage, pour des raisons économiques, a été réduite à 200 m et le barrage annexe supprimé. L'éperon étant alors baigné par l'eau, la suite des reconnaissances a été orientée vers l'étude de sa stabilité. Pour cela, 4 galeries longitudinales de 480 m chacune, situées à 4 niveaux différents, ont été excavées ainsi que 9 galeries perpendiculaires qui devaient servir d'accès.

En même temps, 350 m de galeries étaient excavés pour reconnaître les tracés des évacuateurs et prises d'eau.

La figure 40 donne l'ensemble des reconnaissances effectuées ; on y reconnaît :

- a) Les galeries de reconnaissance de la voûte (galeries MA)





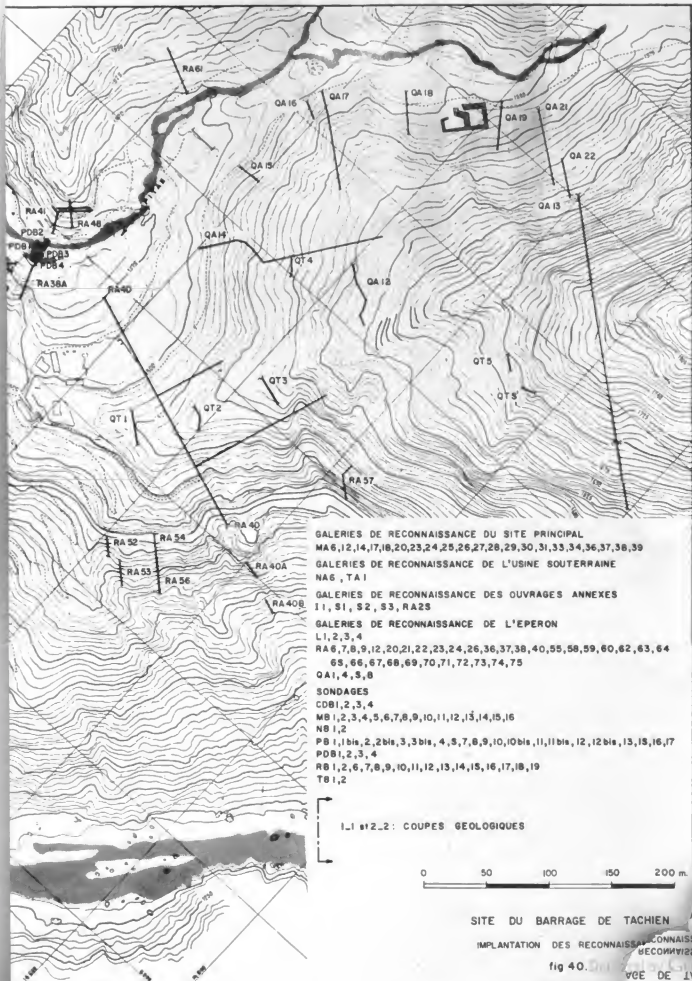
a Site principal
et éperon rive
gauche vu de
l'amont



b Site principal
vu d'amont



c Face amont de
l'éperon rive
gauche vue de
la route d'ac-
cès. On remar-
quera le balan-
cement des
couches



- b) les reconnaissances de la rive droite du Piton (galeries RA)
- c) les reconnaissances de l'éperon (galeries RA, L et quelques QA)
- d) les reconnaissances effectuées pour d'éventuelles carrières (galeries QA et QT)
- e) les reconnaissances spéciales effectuées pour reconnaître les tracés d'évacuateurs ou de prises d'eau à l'aide des galeries II et S1, S2, S3. La grande galerie NA 6 a été forée pour la reconnaissance d'une éventuelle usine souterraine.

Notre travail sur le site a consisté à faire le relevé des galeries exploitables afin de dresser une carte géologique détaillée ; en plus, nous avons dirigé des séries d'essais, soit sur le site principal, soit sur l'éperon pour répondre aux questions posées par l'étude de la stabilité des ouvrages.

3.33. Résultats des reconnaissances

Bien que les moyens de reconnaissances aient été les mêmes pour l'éperon et la gorge, nous les distinguons les uns des autres car leurs structures découvertes sont assez différentes.

3.331. Le site principal

(fondations de la voûte)

a) les couches

Le massif est formé d'une succession de bancs de quartzite moyennement grenus à cassure claire, d'épaisseur 5 à 15 m, de bancs de schistes plus tendres de 1 à 5 m et de bancs de composition intermédiaire ; de plus, 5 lits minces (0,10 m à 1,00 m) de matériaux plastiques graphiteux ont été reconnus. Le pendage des couches dans les zones saines est constant : 65° ESE, horizontales NNE-SSW.

Étant donné la rapidité de succession des bancs et leur variation de faciès, il ne nous a pas paru possible de présenter la série stratigraphique ; la carte géologique de la figure 38 rend compte des bancs principaux.

b) diaclasses et joints

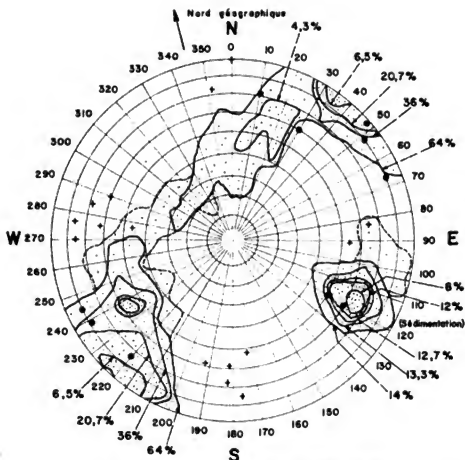
Les diaclasses et les joints de sédimentation sont nombreux. Nous avons obtenu leur direction moyenne par une série de mesures nombreuses statistiques dont le résultat est mis sous forme de diagramme polaire (figure 41). On y reconnaît les joints de sédimentation, très concentrés :

Horizontale NNE-SSW
Pente 60° à 70° ESE

et un réseau de joints à tendance verticale orienté SE-NW. Il faut aussi mentionner quelques autres surfaces, plus diffuses, orientées NE-SW, avec une pente de 20° à 30°.

c) les failles

La structure du site principal est calme ; étant donné les pentes raides, le rocher affleure partout. Les failles relevées, sur le site, appartiennent très distinctement soit au même réseau que les joints verticaux, soit au pendage des couches qui ont été cisailées dans leur plan de faiblesse. Elles ont des rejets extrêmement faibles. En profondeur, elles sont assez irrégulières et toujours soulignées par des produits argileux ; les épontes sont très vite saines. Ces failles semblent toutes du même âge ; elles sont dues probablement au paroxysme pléistocène. Un autre type de failles, d'allure toute différente, peut passer inaperçu. Le diagramme de la figure 41 donne leur direction : EW ou NS à forte inclinaison. Ce sont sans doute de vieux accidents datant du Néogène inférieur, car ils sont recoupés par les accidents précédents. Ils sont très irréguliers et toujours parfaits.



● Faillite principale
+ Ancienne faillite



Les pourcentages donnent la proportion de points existant à l'intérieur de la courbe correspondante

5 Densité des points
(nombre de points par
unité de surface)

SITE DU BARRAGE DE
TACHIEN

Site principal

tement cimentés par du quartz bien cristallisé.

Le nombre des failles étendues est très réduit. En particulier, il ne semble pas qu'il y ait à craindre un accident de ce genre dans le lit de la rivière. D'une part, les sondages effectués ont montré un rocher exempt de matières broyées ou d'argile, d'autre part, on peut aisément trouver une corrélation géométrique entre les bancs de la rive droite et ceux de la rive gauche.

Sur le plan de la figure 38, nous avons cartographié les accidents :

Zone "A" - C'est un groupe de failles parfois réunies en un seul accident, parfois divisées en 3 cisaillements distants de 2 à 3 mètres. En général, verticales ou très légèrement NW, elles ont un remplissage peu plastique de 0,30 m maximum. Les épontes sont peu altérées. Leur irrégularité de direction est telle que parfois sur quelques mètres, elles se poursuivent dans le plan de sédimentation en tournant de 90° avant de reprendre leur direction générale, adoptant une forme en marche d'escalier.

Faillite "B" - Cet accident affecte le rocher sur 2 à 3 cm seulement. Il baille en surface, mais ne s'étend pas en profondeur. De même que A, il se relie souvent, sur quelques mètres, dans un interbanc plastique.

Faille "C" - C'est un petit accident très net et très fermé à l'amont. En profondeur, il se ferme aussi. A l'aval, il vient buter sur un inter banc argileux cisailé.

Faille "D" - Cet accident, au Nord, est légèrement sécant aux bancs. Par contre, au Sud, il emprunte un banc plus tendre qu'il a cisailé et affecté sur 1,00 m. On note quelques traces d'argile dans la zone altérée.

d) fracturation

Outre la présence de ces quelques failles, dont l'incidence sur la voûte a été envisagée par les ingénieurs, un autre phénomène mérite une attention spéciale : par effet de surface, les joints existants s'ouvrent et la poussée au vide, due à la raideur des pentes, crée des zones basculées, parfois instables, séparées par de profondes fractures ouvertes. La cartographie des zones ouvertes en surface et dans les galeries, a permis de tracer la limite probable du rocher sain. La coupe de la figure 42, extraite des cahiers de coupes horizontales, donne pour le niveau 1450, un aspect des observations faites. On a ainsi pu obtenir, pour de très nombreux niveaux, la structure du site, ce qui a permis aux ingénieurs d'estimer, avec le maximum de rigueur, la position du fond de fouille de l'ouvrage.

Les fractures appartiennent presque toutes au réseau SSE-NNW subvertical ; certaines d'entre elles ont pu être recoupées par deux ou trois galeries à des niveaux différents mais, en profondeur, elles se ferment normalement sans produits plastiques.

e) conséquences pour la suite de l'étude

M. GIGNOUX et R. BARBIER (1955), p. 156, ont attiré l'attention des projeteurs sur les zones de fondation à structure hétérogène qui seront, en principe, moins favorables que celles à roches homogènes.

La pluralité de roches (quartzites, schistes et graphites) a donc conduit à soigner particulièrement l'étude des déformations d'une part et l'étude de petits bancs plastiques d'autre part.

Deux sortes d'essais ont été élaborés à cette fin :

- a) des essais de charge par vérin
- b) des essais d'érosion, de gonflement et de libération de contrainte aux alentours des lits d'argile graphiteuse. Les résultats sont analysés au chapitre B.

3.332. L'éperon

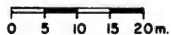
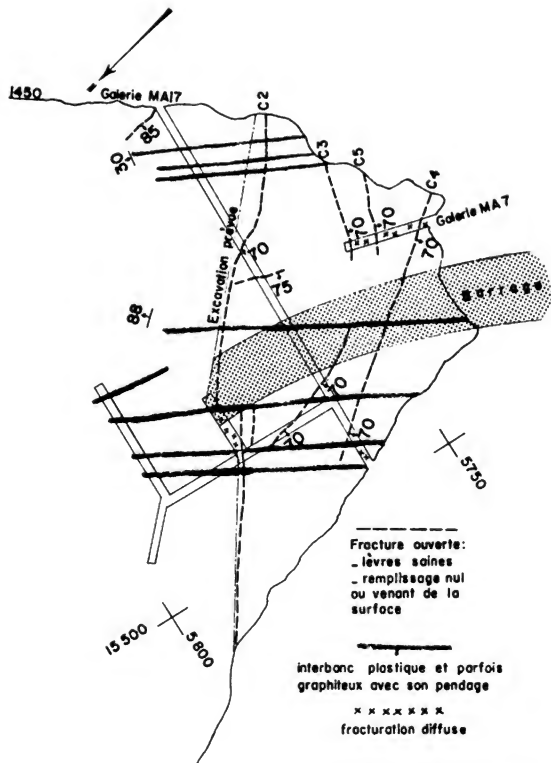
En fait c'est lui qui constitue le problème essentiel du site depuis que la digue auxiliaire qui devait l'isoler de la retenue a été supprimée.

En effet, sur la coupe de la figure 44, on peut voir que cet éperon est à peine plus étroit qu'un barrage-poids, et comme il formera un barrage naturel de plus de 200 m de hauteur, sa structure doit être étudiée avec beaucoup de soin. Nous avons vu que les reconnaissances qui ont été faites permettent de la préciser convenablement.

a) Structure

La carte géologique de la figure 38 montre la structure de l'éperon : couches NS à pendage 60° Est dans la masse. Les roches constitutives ont le même faciès de base que celles du site dont elles sont la continuation : ce sont des alternances de bancs de quartzites, de schistes et de schistes quartzeux ; on retrouve de même les bancs argilo-graphiteux interstratifiés.

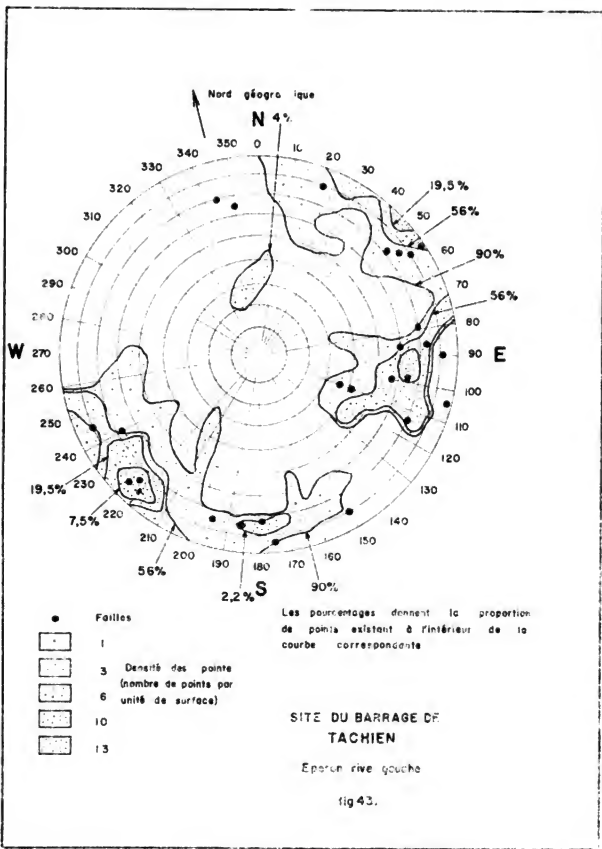
Alors que le site principal a une structure relativement calme, celle de l'éperon est tourmentée par de très nombreuses failles ; leur orientation est extrêmement variable, mais on peut toutefois reconnaître sur le diagramme statistique (figure 43) :



SITE DU BARRAGE DE TACHIEN
 FRACTURATION AU NIVEAU 1450

Rive droite

fig 42.



- le pendage des couches
- des directions concordantes avec le réseau de diaclases subverticales SSE-NNW.

Sur le plan de la figure 38, nous avons cartographié les accidents principaux relevés sur les affleurements ou extrapolés à partir des galeries. On peut ainsi voir la très grande complexité de la structure de l'éperon.

Failles E - E' - Ces accidents sont très nets et comportent à l'amont un remplissage plastique de quelques centimètres.

En-dessous de la cote 1400, ils se combinent pour devenir une seule et même faille. A l'aval, la zone affectée autour de l'accident lui-même, augmente et on peut relever des traces de broyage sur plusieurs mètres d'épaisseur avant qu'il ne disparaisse dans un interbanc plastique de 0,50 m très cisailé.

Failles F1 - F2 - F3 - F4 - Sensiblement parallèles, ces accidents n'ont qu'un faible remplissage à l'amont et deviennent des zones broyées à l'aval avant de passer dans un banc argileux cisailé.

Faille G - C'est une faille importante dont le pendage moyen est de 75° à l'amont et au-dessus de la cote 1425. A l'aval et en-dessous de cette cote, elle se couche jusqu'à 50° avant de venir buter sur la faille "J" par l'intermédiaire d'une zone très broyée.

Faille H - Le remplissage plastique de cet accident est parfois important (0,50 m) au-dessous de la cote 1400. Au-dessus, le rocher est broyé sur quelques mètres sans plans bien marqués.

Faille J - C'est un gros accident qui passe dans un banc argileux au Nord ; en général le remplissage plastique atteint 0,50 m et le rocher est très cassé sur 7 à 8 m de chaque côté de l'accident proprement dit.

Faille J' - C'est un accident annexe de J ; son type est pourtant différent : pas de remplissage plastique et épontes saines.

Faille K - C'est un accident dont le remplissage plastique peut être important (0,50 m à 1 m) mais dont les épontes sont saines. En profondeur, il se ferme et vient buter sur M.

Faille L - Le remplissage plastique de cet accident est également épais. Au Nord, la faille tourne pour venir dans un interbanc argilo-graphiteux cristallisé.

Faille M - C'est une zone de 5 à 10 m où le quartzite est extrêmement broyé. Chaque petit morceau est souligné par un film argileux blanchâtre très plastique.

Faille N - C'est un très gros accident qui s'étend loin. La zone affectée est de 10 à 20 m, mais se réduit au Nord quand la nature du terrain est moyennement plus schisteuse. Cet accident est à l'origine du tracé du ruisseau du Piran dans sa partie amont. La zone de rocher très broyé, qui souligne l'accident, a été érodée plus facilement, ce qui explique la dépression et la grosse épaisseur de terrain de couverture sur la face aval de l'éperon, au passage de la faille.

Faille N' - Satellite de N, elle vient buter sur M et sur H. Son remplissage est parfois important.

Faille P - C'est une zone de cisaillement faisant transition entre les deux formations du site et de la retenue. Au Sud, elle semble se redresser très fortement.

Ce sont ces failles qui ont modelé l'éperon. En particulier, la présence des deux petits cols (col Nord et col Sud) est due à la traversée de failles redressées du type SSE-NNW qui viennent buter sur un banc cisailé qui

relais alors le déplacement dans une direction différente. Le remplissage des failles ou même parfois la zone de roches broyées qui les soulignent, ont fait l'objet d'essais qui seront décrits au chapitre B. Il semble que ces remplissages soient stables quant à l'action de l'eau (gonflement, altérabilité).

Outre les failles, on note aussi des diaclases qui sont nombreuses mais ont des directions plus floues que sur le site principal. Le diagramme de la figure 43 fait cependant ressortir un réseau SE-NW presque vertical.

b) Stabilité des pentes

La présence de ces discontinuités, et probablement aussi la pluralité des qualités des roches constitutives ont donné à l'éperon une allure bien caractéristique qui a tout de suite alerté les ingénieurs : à l'amont, des surfaces structurales de quartzite délimitent une pente dont l'angle diminue très distinctement avec l'altitude. Il y a eu basculement des couches par gravité ; à l'aval, la pente est beaucoup plus irrégulière, parfois verticale, parfois plus douce et recouverte d'éboulis ; on note également ici, un fauchage des couches dont certaines atri-vent à être horizontales.

Cette variation de pendage n'est certainement pas d'origine tectonique ancienne, mais due à la poussée - au vide des bancs fortement inclinés. Ce phénomène signalé déjà par M. LUGEON (1933) est bien connu.

Les nombreuses galeries qui sillonnent l'éperon ont permis de définir quelques sections ; la figure 44 montre une d'entre elles. On a ainsi pu isoler 3 parties :

- le cœur, réputé sain
- une zone intermédiaire moyenne, encore en place mais dont le pendage des lits n'est plus le pendage originel
- une zone extérieure affaissée et fissurée.

Dans la zone externe, les observations des différentes galeries qui la traversent montrent que les fissures ouvertes n'ont pas le même aspect dans les roches de qualité différente. Dans le quartzite, les fissures ont un pendage de 20° à 25° vers l'extérieur près du talus aval ; dans les niveaux schisteux, les fissures sont moins étendues mais plus ouvertes, plus irrégulières et souvent verticales. Le phénomène est tout particulièrement remarquable dans la galerie RA 69.

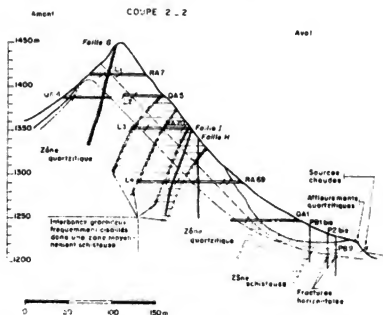
Il nous paraît intéressant de relier les observations que nous avons faites sur l'éperon avec celles faites ailleurs par MULLER (1963 b - 1964) et par STINI (1962). Ces auteurs ont trouvé qu'il existait dans une forte pente, des zones de tensions réparties au 1/3 inférieur du talus ; il s'agit en fait d'une des contraintes principales, l'autre restant une compression. Ils en déduisent que la destruction de la pente est un phénomène ébouloux d'avance vers la vallée, avec distorsion des éléments en cours de mouvement.

Sur l'éperon rive gauche de TACHIEN, nos observations sont les suivantes :

- pas de fractures ouvertes, verticales, en arrière de la crête du talus sur la plateforme décapée.
- pas de traces de glissement dans les fractures observées dans les galeries. Ces fractures sont peu étendues, très irrégulières et nous n'avons pas pu faire de corrélation entre galeries.
- les galeries basses et les sondages au pied du talus montrent des fissures ouvertes horizontales.
- les éboulis de pied sont exempts de gros blocs, et la pente n'est pas boisée, alors que les surfaces, de part et d'autre, sont couvertes de végétation.

Il peut alors s'agir d'un baillement de la partie inférieure du talus, sans apparition de plan de cisaillement étendu. La destruction du talus est lente et continue.

- Faille
- Interzone graphiteuse
- Terrain de couverture
- - - Limite inférieure du terrain complètement desséché et affaissé
- · · Limite de la zone interne saine
- Galerie de reconnaissance avec la position des couches



SITE DU BARRAGE DE TACHIEN - COUPE DE L'ÉPERON fig 44

Au pied aval de l'éperon, des sources chaudes sulfureuses existent. Il n'est pas possible de trouver une corrélation certaine entre leur débit et la pluviométrie locale : de même, leur température, 80°, est remarquablement constante. Ce sont donc des venues profondes, mais leur apparition à cet endroit est peut-être liée à la fracturation de pied de la pente signalée par MULLER (1963a) dans d'autres cas.

3.4. Résumé

Les reconnaissances, tant du site principal que de l'éperon, ont permis de fixer convenablement la géométrie du massif.

Le pendage des couches, les réseaux de diaclases, les fractures et les failles ont circonscrit des zones de roches saines, que les projecteurs utilisent pour définir les fondations du barrage et les protections assurant la stabilité de l'éperon.

Des essais, dont il sera question au chapitre B, sont faits pour donner une base de comparaison dans l'étude des différentes catégories de roches rencontrées (essais au vérin et sur échantillon) et pour chercher à connaître la réaction à l'eau des parties faibles du massif (remplissages argileux des failles et lits argilo-graphiteux).

La galerie, employée comme instrument de reconnaissance, a été utilisée au maximum.

Nous avons pu ainsi acquies de la structure du site, une idée bien supérieure à celle qu'aurait permis d'obtenir une campagne de sondages.

II - PARTICULARITES FONDAMENTALES DES TROIS SITES ETUDIES

ET

COMPARAISON DES MOYENS DE RECONNAISSANCES UTILISEES

Nous venons de faire l'étude détaillée de trois sites de caractéristiques très différentes, tant au point de vue topographique que géologique. Nous allons pouvoir dégager d'utiles renseignements de cette étude ; mais nous pouvons également tirer quelques conclusions pratiques instructives de la comparaison des différents moyens de reconnaissance employés.

1. SITE DU BARRAGE DE MALPASSET

- La tâche d'analyser la fondation du barrage est à la fois simplifiée et compliquée par la catastrophe qui, d'une part a mis à jour une très grande surface de rocher invisible avant, et d'autre part, peut conduire à porter des jugements trop hâtifs sur les facteurs prédominants entrant dans l'analyse des causes de l'accident.
- La géologie régionale nous a montré que la caractéristique majeure du massif était une certaine instabilité tectonique caractérisée par le rejeu successif de vieilles failles. Il faut y ajouter la longue émission du massif avant son enfouissement et son érosion récente, qui a dû favoriser des formes d'altération particulières.
- Le relevé de la géologie de détail est grandement facilité par le décapage général du site. Les quelques ouvrages de reconnaissances profonds (puits, galeries, sondages) ne viennent que préciser les structures.
- La roche est un gneiss riche en éléments phylliteux, pauvre en feldspath, dont la texture particulière, due à la foliation, peut le faire confondre avec un micaschiste. La matrice rocheuse se caractérise par une altération des micas qui donne à la roche sa couleur spéciale et par une intense fissuration que souligne, à très petite échelle, la foliation et à échelle plus grande, les petites diaclases très serrées.

La structure du site est dominée par un maillage exceptionnellement dense de cisaillements et de failles appartenant souvent à deux réseaux : un à tendance NS et un autre plus récent à tendance EW. Les remplissages de ces accidents sont également remarquables : ce sont des mylonites et des brèches à ciment argileux.

2. SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

- Les conditions techniques locales rencontrées en Afrique du Sud pendant la période de reconnaissance des fondations du barrage ont imposé les sondages comme principal moyen de reconnaissance ; les galeries n'ont été utilisées que comme contrôle et en vue d'effectuer des essais. A l'aide de tranchées, on a pu acquérir une bonne connaissance de la surface du massif rocheux.
- La géologie régionale a révélé une totale absence de faille ; l'étude du mode de mise en place des matériaux éruptifs formant la fondation de l'ouvrage laisse prévoir la possibilité de contraintes internes résiduelles.
- La géologie de détail est traduite à l'aide de coupes verticales orthogonales serrées, car tous les sondages ont été implantés suivant un carroyage systématique.

La roche de fondation est une dolérite à grain moyen qui repose sur une argilite à sédimentation horizontale. Le contact est très bon. Sur 3 à 10 mètres en général, l'argilite a été cuite, ce qui lui donne des caractéristiques améliorées formant zone de transition.

La structure du site est simple dans son ensemble, mais l'ondulation des contacts nous a obligés à multiplier les sondages. Les diaclases forment des réseaux bien définis, le premier presque horizontal et deux autres verticaux et orthogonaux.

3. LE SITE DU BARRAGE DE TACHIEN

- Dans le cas de cette étude, il faut distinguer le problème des fondations de l'ouvrage principal, une voûte de 200 mètres de haut et celui de la stabilité d'un éperon rocheux au large. Principalement pour des raisons économiques, les reconnaissances ont été en majorité effectuées à l'aide de galeries. Les pentes raides offrent des affleurements de qualité, par contre les surfaces moins raides sont couvertes de terre masquant la surface du rocher.

- L'étude géologique générale a montré que deux phases tectoniques s'étaient produites après la mise en place des terrains formant le site ; les accidents qui ont résulté de l'ajustement du massif au cours de ces phases peuvent être classés en deux types : les premiers, les plus anciens, sont bien cimentés par du quartz, les seconds sont souvent soulignés d'argile et certains d'entre eux peuvent encore être actifs.

- La géologie de détail du site principal a été traduite à l'aide de coupes horizontales faites au niveau de chaque galerie. Dans le cas de l'éperon, nous avons dû tracer des coupes verticales, utilisées pour des épures de stabilité, les reconnaissances étant préférentiellement implantées dans une série de plans verticaux.

La roche de fondation est un mélange interstratifié de bancs de quartzite durs et de schistes parfois argileux ou graphiteux. Dans sa masse, le rocher est compact et très sain.

La structure du site principal est simple : c'est un monoclin à pendage amont de 60° coupé par quelques accidents mineurs très ondulés. L'éperon présente la même caractéristique de pendage de couches, mais les failles y sont extrêmement nombreuses. Elles créent des zones verticales broyées et argileuses qui ont facilité le fauchage des couches vers l'aval avec ouverture de fissures sur une plus grande épaisseur.

4. IMPORTANCE DES CARACTERES GEOLOGIQUES REGIONAUX

4.1.

L'étude géologique générale d'un massif est un facteur important de l'analyse. Il nous semble nécessaire de distinguer la formation du terrain de son histoire ultérieure.

En effet, dans le cas de la dolérite par exemple, les types de roches obtenus et les tensions internes résiduelles sont fonction de la vitesse de mise en place et de refroidissement ; il semble même que l'altérabilité soit également liée aux variations de mise en place.

L'histoire du massif fait ressortir des cycles de paroxysmes tectoniques et des relaxations. Les efforts se succèdent en grandissant au gré des plissements ou des sédimentations et en diminuant avec les périodes de calme et d'érosion. Nous avons vu que la structure des sites reflétait fidèlement les phases de leur histoire géologique : failles nombreuses se coupant les unes les autres à Malpasset, failles groupées en deux types à Tachien, absence de faille à Hendrik Verwoerd.

Si elle ne peut pas fournir la clef du problème, l'étude régionale fournit, toutefois, un guide précieux pour la recherche des défauts structuraux du site.

4.2.

A l'échelle du site, nous avons vu successivement apparaître l'influence prépondérante de la matrice dans le cas de Malpasset, des diaclases, fractures et failles, dans le cas de Tachien, de la dualité de roches dans le

cas de Hendrik Verwoerd.

Nous auverons ainsi des problèmes différents qui devront être étudiés avec des techniques d'essais différentes. Néanmoins, on peut affirmer qu'une étude géométrique et l'étude de détail des discontinuités et de leur origine sont nécessaires dans tous les cas.

5. ETUDE COMPARATIVE DES MOYENS DE RECONNAISSANCE

5.1. Généralités

Dans les cas envisagés, les reconnaissances ont été effectuées par des moyens très particuliers chaque fois. On ne peut pas définir de moyen idéal de reconnaissances car celles-ci dépendent :

a) - de la structure du massif rencontré. A Tachien, la recherche des zones ouvertes, les mesures de déviations de pendage et de la fracturation n'auraient pas été aussi rigoureuses dans un forage que dans une galerie. Par contre, sur le site de Hendrik Verwoerd, la définition de la géométrie des contacts ne pouvait être faite que par forages.

b) - des possibilités du chantier. Il s'est trouvé que l'excavation de galeries à Formose était plus économique que les forages ; en Afrique du Sud, l'emploi de ceux-ci était plus fréquent alors que celui des galeries n'était qu'exceptionnel en génie civil.

c) - du genre de barrage envisagé. Nous avons analysé trois fondations de voûtes en béton, mais on conçoit bien que l'étude de fondation de barrages en terre ne demanderait pas les mêmes reconnaissances.

5.2.

A la suite d'une série de reconnaissances géologiques complètes de sites de barrages, il nous semble intéressant de dégager brièvement quelques observations faites sur les chantiers.

5.2.1. Les travaux de surface

C'est la première étape de la série des reconnaissances. Parmi elles, il en est une qui doit être systématique : c'est le déboisement qui doit intéresser une surface débordant largement le site à l'aval et à l'amont. Si, sur le site aride du barrage de Hendrik Verwoerd, ce travail était réduit, par contre, sur les pentes douces de l'éperon de Tachien, la végétation était si dense que l'on dut se contenter d'un quadrillage de layons de 2,00 m de large.

Les tranchées et les décapages forment la suite logique du déboisement. Cependant, nous avons trouvé que si les affleurements ne forment pas plus de 50% de la surface dégagée, c'est souvent le signe de grandes épaisseurs de terrains de couverture qui condamne alors le procédé. Dans le cas contraire, le but est de former un maillage continu, auquel n'échapperont pas les accidents découpant le site. Il n'est pas nécessaire d'atteindre la surface de rocher sain : en effet, une roche altérée, mais en place, livre parfaitement sa structure. Sur le site de Hendrik Verwoerd, seulement 12% des 2000 m de tranchées ont touché le rocher sain.

Nous avons trouvé que dans le cas d'un site de barrage, l'échelle la plus commode pour le relevé géologique détaillé d'une tranchée était le 1/50 ou le 1/100, le rapport sur le plan général du site se faisant au 1/500 ou au 1/1000 si le site est vaste.

5.22. Les reconnaissances en profondeur

Nous avons disposé de galeries et de sondages. Nous avons toujours implanté ces ouvrages en collaboration avec l'ingénieur projeteur, afin de leur garder un maximum d'efficacité ; certaines galeries par exemple seront réutilisées par la suite dans le voile de drainage.

5.221. Les sondages

Ce sont des reconnaissances idéales pour définir les contacts, les terrains de couverture, les altérations, les gros accidents ; mais il ne faut jamais en faire l'instrument unique de définition du massif. Dans tous les cas, même si la géométrie des surfaces que l'on cherche à définir est très complexe ; on cherchera à implanter les sondages suivant un quadrillage systématique : les coupes en seront grandement simplifiées.

Nous avons pu faire les observations suivantes au cours de séjours sur le chantier :

- a) - la dimension minimale d'une carotte doit être de diamètre Bx (41 mm). En-dessous, la qualité de l'échantillon est telle qu'on peut se poser la question de son utilité.
- b) - la sondeuse doit être scellée pour éviter toute vibration nuisible à la bonne tenue de la carotte et, dans le cas de terrains hétérogènes, on doit imposer la boue légère de forage.
- c) - le géologue doit dialoguer avec le sondeur dont l'expérience, souvent masquée par un vocabulaire rudimentaire, est pourtant très précieuse.
- d) - le relevé de la carotte se fait au 1/50 ; tout doit figurer (discontinuités avec leur position, angle et remplissage, pourcentage de carottage, nature des éléments, etc...).
- e) - à l'occasion d'essais d'eau, on devra essayer d'employer une méthode conforme aux essais lugeon mondialement en usage, mais dans certains cas, on aura toujours avantage à demander, pour un niveau d'essais donné, des pressions largement supérieures aux 10 bars communément utilisés et des temps d'essais bien supérieurs aux 10 minutes prescrites dans l'essai type.
- f) - il est impératif que les trous de forage situés à l'amont de l'ouvrage, soient injectés avant la mise en eau. En effet, ils pourraient créer des cheminements préférentiels pour les sous-pressions ou même créer des fuites gênantes lors des opérations d'injection. Nous avons trouvé pratique de leur garder un bout de tubage de 0,50 m à 1,00 m peint en blanc, qui forme ainsi un excellent repère pendant la phase de reconnaissance et permet de localiser le trou au moment de l'injection.

5.222. Les galeries

Leur utilisation est souvent orientée vers la définition des qualités physiques du massif. Aussi, aura-t-on toujours avantage à noter les vitesses d'avancement, les consommations d'explosif, la forme et la taille des déblais obtenus.

Le relevé des faces de galeries se fait au 1/50 après un lavage énergétique.

5.223. Les puits.

En général, il vaut mieux éviter de faire du puits le seul moyen de reconnaissance. Ce sera un moyen d'accès à une galerie basse par exemple et les renseignements qu'il fournira seront en supplément. Le relevé se fait également au 1/50.

Nous avons trouvé qu'on ne pouvait pas faire le relevé géologique de plus de 50 m de galerie ou de puits par jour.

5.3. Comparaison entre les prix des sondages et des galeries

En dépouillant les différents prix des marchés de reconnaissances, nous avons trouvé :

a) - qu'un mètre de galerie vaut 5 à 10 m de sondages très ordinaires, carottés, avec essai d'eau.

b) - que si l'on exige un carottage parfait, le prix du mètre de sondage peut valoir le prix d'un mètre de galerie.

Contrairement à l'opinion trop souvent admise, ce n'est pas le prix qui doit permettre de choisir entre les deux types de reconnaissance, mais les délais d'exécution, la profondeur désirée et le type d'information souhaitée.

III - GEOLOGIE SOMMAIRE
ET
CARACTERISTIQUES ESSENTIELLES DE QUELQUES AUTRES SITES

Tant au cours de l'étude des échantillons que de celle des essais en place, nous serons amenés à comparer les résultats que nous avons obtenus sur les trois sites décrits précédemment avec des résultats acquis sur d'autres sites.

Dans ce chapitre, nous allons non plus étudier la géologie du site dans son ensemble, mais surtout insister sur un point particulier : structure, pétrographie... qui a suscité la comparaison.

Le tableau ci-après donne les caractéristiques des ouvrages retenus qui sont, soit à l'état de projet, soit en cours d'exécution, soit déjà en exploitation.

SITE	SITUATION	TYPE	HAUTEUR	ETAT	TYPES D'ESSAIS EFFECTUES
LAOUZAS	France	voûte	50 m	construit	In situ (vérin)
BESSERVE	"	enrochements	70 m	"	" "
MONTEYNARD	"	voûte	150 m	"	" (vérin, échantillons)
GREOUX	"	enrochements	67 m	"	" (vérin)
GITTAZ	"	voûte épaisse	66 m	en cours	" (vérin, sismique)
ST-CASSIEN	"	terre	66 m	construit	" " "
VAN DER KLOOF	Afrique du Sud	voûte	105 m	projet	" " "
STE-CROIX	France	voûte	110 m	"	" " "
ST-JEAN DU GARD	"	enrochements	60 m	"	" (sismique)
KARDJALI	Bulgarie	voûte	100 m	construit	" "
KASSEB	Tunisie	voûte	57 m	en cours	" "
LANOUX	France	voûte	45 m	construit	" (sismique, vérin)
GRANDVAL	"	voûtes multiples	85 m	"	échantillons
YATE	Nie-Calédonie	voûte	57 m	"	"
ST-CHAMOND	France	voûte	45 m	"	"
SALAGOU	"	enrochements	70 m	en cours	"
NAGUILHES	"	voûte	60 m	construit	"
KYLE	Rhodésie	voûte	65 m	"	"
BANGALA	"	voûte	53 m	"	"

1. SITE DU BARRAGE DE LAOUZAS

Le barrage sur la Vèbre est implanté dans le granite du massif de l'Espinoisse, à 50 km au NW de Béziers. Le rocher de fondation se classe entre deux types extrêmes :

granite clair à grandes taches de cordiérite
roche à texture contournée (nébulrite), micacée, foncée.

La roche est affectée de cassures verticales ou fortement penchées (70°) et par des cassures sensiblement parallèles aux versants. Particulièrement dans ses parties hautes, le rocher est parfois altéré.

La maille des discontinuités est inférieure au mètre.

2. SITE DU BARRAGE DE BÈSERVE

La vallée de la Sioule est taillée dans un granite à biotite formant, à 30 km au NW de Clermont-Ferrand, un plateau dans lequel s'est enfoncée la rivière. La matrice rocheuse est bonne, mais la fracturation a fait du massif un ensemble très altéré, parfois jusqu'à 30 mètres de la surface.

On connaît deux failles principales perpendiculaires à la vallée, encadrant le site.

Sur le site même, la division du rocher est extrême ; il n'est pas possible de trouver des réseaux de direction donnée. En particulier, les blocs rocheux visibles en surface sont isolés en tous sens par des zones de roches altérées ou broyées. Les mailles des discontinuités sont très faibles, souvent inférieures au mètre.

Dans un tel matériau, l'altération peut cheminer profondément, ce qui explique que beaucoup de joints profonds soient oxydés.

3. SITE DU BARRAGE DE MONT EYNARD

Le site est formé par une gorge étroite creusée par le Drac, à 30 km au Sud de Grenoble, dans les calcaires marneux, relativement homogènes du Lias. Le pendage peu apparent est de 45° aval.

De grandes failles existent et découpent régulièrement le site. Elles sont sensiblement verticales, très légèrement obliques par rapport à l'axe de la rivière. Un autre réseau, fermé et plus diffus, existe, perpendiculairement au premier.

Des fractures doublent les failles (elles sont de la même famille), et, par poussée au vide, se sont ouvertes, découpant l'appui en tranches parallèles d'une vingtaine de mètres d'épaisseur.

A une échelle plus petite, de nombreux joints, satellites des accidents majeurs, existent mais sont en général fermés. La maille moyenne est de 2 à 3 m pour les grands, un mètre pour les petits qui ne font pas toute la largeur d'une galerie.

Les blocs ayant servi à la taille des cubes essayés (chap. : B.II.1) proviennent des déblais de la galerie de dérivation provisoire. Les carottes viennent des sondages de reconnaissance de la tive droite.

Composition : calcaire marneux ; calcite en microcristaux enrobés dans une pâte d'éléments argileux.

Structure : échantillons massifs ; les plans de sédimentation sont toutefois bien visibles et créent des surfaces de faiblesse apulignées par la coloration en lames minces.

4. SITE DU BARRAGE DE GREOUX

Le barrage sur le Verdon est implanté dans une gorge assez large, creusée dans les marno-calcaires et calcaires crétaés, à 45 km au Nord Est d'Aix-en-Provence. Les pendages sont horizontaux, les bancs, de dureté inégale, ont de 0,50 m à plusieurs mètres d'épaisseur. Les zones les plus dures font saillie formant des corniches que l'on peut du reste suivre sur d'assez grandes distances.

Le site est découpé par des diaclases formant trois systèmes définis dont un est représenté par les joints de sédimentation.

Une série de petits accidents à pendage 60° aval, sensiblement transversaux, découpe le site avec une maille de 5 à 20 m.

On peut également observer une autre série de failles, plus espacées, légèrement sécantes par rapport à la rivière, presque verticales (tendance à pendage vers la rive droite).

Les réseaux de failles sont notablement soulignés par des canaux de karstification qui, à la rencontre de deux accidents, prennent une certaine importance. Ces canaux sont très souvent assez bien colmatés d'argile rouge.

Les joints sont nombreux, mais réduits en extension ; leur surface est saine ; leur maille est inférieure au mètre.

5. SITE DU BARRAGE DE LA GITTAZ

Le site du barrage de la Gittaz est situé à une altitude de 1500 m dans les schistes cristallins du bord oriental du massif de Belledonne dans les Alpes françaises. Le site est formé par un verrou glaciaire aux formes vigoureuses ayant entaillé des couches verticales transversales.

L'histoire géologique complexe du massif est à l'origine des principaux caractères de la roche. Deux phases tectoniques sont prédominantes :

Phase tectonique hercynienne : -- Plissement et laminage de terrains sédimentaires (conglomérats, grès, quartzites, schistes).
(ère primaire ; 300 millions d'années).

- Premier métamorphisme avec formation de micaschiste et de gneiss.
- Deuxième métamorphisme avec formation de migmatite.
- Ecrasement interne de la roche avec une intense recristallisation postérieure.

Phase tectonique alpine
(ère tertiaire ; 26 millions d'années)

- Ecrasement et fracturation.
- Troisième métamorphisme avec recristallisation et développement des phyllites.
- Rejeu des failles existantes.

La roche du site est principalement composée, d'amont en aval :

- de conglomérats métamorphisés à galets de quartz plus ou moins étirés, en bancs de 10 cm à 1 m séparés par des intercalations schisteuses,
- de gneiss fins à cassures franches gris foncés ou verdâtres, découpés en amygdales esquilleuses.
- de mica-schistes phylliteux, satinés, gris plus ou moins foncé, souvent feuilletés.
- de schistes noirs esquilleux, feuilletés.

La structure du site est simple dans l'ensemble : la schistosité principale, bien marquée, est très redressée et perpendiculaire à la vallée, mais le détail est plus complexe :

- des réseaux de schistosité secondaires plus ou moins gauches se combinent au réseau principal, ce qui explique le découpage caractéristique du site en petits éléments allongés de quelques cm³.
- des zones de fracturation diffuses coupent le site suivant la direction de la schistosité en formant des bandes où la division caractéristique est augmentée.
- des cassures franches recoupent nettement toutes les directions. Elles se caractérisent par leur faible épaisseur, leurs épontes nettes légèrement gondolées. Leur remplissage souvent fibronien, rarement argileux.
- des diaclases extrêmement irrégulières viennent souligner la schistosité et la direction de cassures.

6. SITE DU BARRAGE DE ST-CASSIEN

Le Biançon a creusé une gorge à 16 km à l'Ouest de Cannes, dans un massif de gneiss à deux micas, parfois ocellé. A l'exception de certains amas irrégulièrement répartis, la foliation est bien visible ; elle est, au site, perpendiculaire à l'axe de la rivière. A l'amont du barrage, son pendage est amont 70°, puis devient vertical au barrage ; à l'aval, il est de 80° dirigé vers l'aval.

Ce massif est très découpé par des failles ou diaclases très redressées, soit parallèles à la rivière, soit sécantes, à peu près dans la foliation ; à l'échelle des joints, la division peut atteindre l'échelle décimétrique.

L'altération est intense et peut atteindre 10 m dans les parties hautes.

7. SITE DU BARRAGE DE VAN DER KLOOF

L'Orange a creusé une gorge dans le massif de dolérite ressemblant beaucoup à celle du barrage de Hendrik Verwoerd, qui se trouve à 100 km en amont.

On y trouve les mêmes joints avec les mêmes mailles avec, en plus, quelques petits cisaillements verticaux. De l'argilite existe aussi en profondeur, mais à une trentaine de mètres sous les fondations.

8. SITE DU BARRAGE DE SAINT-CROIX

Le Verdon coule dans une gorge aux parois verticales de calcaires appartenant au faciès corallien, souvent dolomitique, du Jurassique supérieur.

Le site se trouve sur le flanc ouest très peu accentué, d'un anticlinal d'axe nord-sud dont la retombée est, plus franche, forme l'entrée des gorges. La structure est simple ; les bancs présentent au surs un pendage de 10° vers le nord ouest ; à 90 m au-dessus du fond de la rivière, la série est très stratifiée en bancs de 0,20 m à 3 m d'épaisseur ; au-dessous, on trouve une série calcaire massive qui constitue la fondation de l'ouvrage.

La continuité des bancs montre, que dans la zone étudiée, aucun accident avec un important rejet, n'affecte les terrains. Par contre, la variation des pendages dans les environs indique une déformation en coupole à grand rayon de courbure.

La fracturation du site est très caractéristique ; elle peut se décomposer en quatre types :

- des réseaux de diaclases,
- des cassures obliques disposées en éventail, parfois argileuses. Elles sont liées à la proximité de plusieurs accidents importants soulignant l'axe de l'anticlinal,
- des discontinuités de versant affectant les éperons en saillie,
- une fissuration générale de la roche à l'échelle de quelques cm.

9. SITE DU BARRAGE DE SAINT-JEAN-DU-GARD

Situé à 5 km en amont de Saint-Jean-du-Gard, sur le Gardon d'Anduze, le site entaille une zone de gneiss compact formant la bordure sud de l'ensemble cristallin et métamorphique des Cévennes. Une tectonique intense a rehaussé ce socle, puis l'érosion a modelé les formes actuelles.

Le gneiss est grossièrement lité, parfois œillé, le pendage étant de 30° aval.

La structure du site est régie par un accident transversal à la vallée qui donne une zone très broyée à l'amont et plus massive, quoique divisée à l'aval. Un réseau secondaire, parallèle à la rivière, découpe le site et favorise ainsi la division en petits blocs de parfois 10 à 20 cm. La circulation de l'eau - par conséquent l'altération - est facile et, en haut des rives, pénètre parfois 30 m à l'intérieur. Au-delà de cette zone oxydée et ouverte, le rocher est encore diaclasé, mais devient massif.

10. SITE DU BARRAGE DE KARDJALI

Le site du barrage est situé en Bulgarie, sur la marge du massif métamorphique du Rhodope, constitué de schistes cristallins. La structure intime complexe du site en rend difficile la description succincte. Il est taillé dans une formation sombre, grise au soleil, verdâtre sous la pluie, évaluée à 250 m de puissance, composée de schistes feldspathiques à biotite et de calcschistes à chlorite mêlés en une séquence hétérogène non divisible. Dans la formation, on trouve sporadiquement des niveaux fissiles et altérés, en particulier dus à la présence de muscovite.

La formation a subi une intense compression, qui se manifeste, outre les failles, par de très nombreux joints striés de routes directions, de brusques changements de pendage, et la présence de masses éclatées en fragments anguleux ou transformés en une fine mouture. La roche est cependant restée compacte dans son ensemble.

La direction des failles régionales est sensiblement amont-aval avec un pendage vers la rive droite (45° à 70°). Sur le site, 8 accidents satellites existent. Ils s'enfoncent parallèlement sous la rive gauche en une structure en pelure d'oignon. Les joints sont très nombreux ; leur principale direction est amont-aval ou transversale à la vallée ; les pendages sont très raides, les mailles étant de l'ordre du mètre, localement bien moins.

Surtout rive gauche, les 10 ou 15 premiers mètres en dessous de la surface sont très ouverts et particulièrement

instables.

11. SITE DU BARRAGE SUR L'OUED KASSEB

A l'endroit du site, situé à 120 km à l'Ouest de Tunis, l'Oued Kasseb coule dans une gorge resserrée due à l'érosion d'une barre de calcaire éocène à pendage amont de 60°. Trois horizons peuvent y être distingués :

- au sommet, 25 m d'alternance de calcaire et calcischiste en bancs décimétriques.
- au milieu, 145 m de calcaire massif biminéux en lits de 0,30 à 2,50 m.
- à la base, 45 m de marno-calcaires gris.

L'ouvrage est construit sur l'horizon moyen, qui est divisé par de petites failles de dislocation, sans grand rejet, marquées par des filons de calcite.

Les joints de stratification sont étendus et très nets ; les diaclases groupées en deux réseaux orthogonaux favorisent une certaine circulation de l'eau qui, par endroit, a légèrement karstifié certains lits. Les mailles de discontinuités tirées des graphiques statistiques donnent :

- 10 cm pour la fissuration très fermée et locale,
- 1 m pour les joints.

L'altération de surface est nulle ; seule l'ouverture des joints fait une transition d'une dizaine de mètres avec la zone interne compacte.

12. SITE DU BARRAGE DE LANOUX

Le barrage est construit à l'aval de l'étang naturel du Lanoux (Ariège), dans un resserré creusé dans des schistes très redressés qui sont en contact, à l'amont, avec un massif de gneiss massif.

Au site, la foliation est transversale à la vallée ; le rocher affleure partout. Les feuillets ont une épaisseur décimétrique et les plans de foliation sont très marqués. Un système de très petits joints découpe ces feuillets d'une façon discontinue. On ne signale pas d'accident sur le site ou au voisinage immédiat. Sur quelques mètres, après la surface, le rocher est légèrement desserré, mais devient vite très compact.

13. SITE DU BARRAGE DE GRANDVAL

Le barrage de Grandval, sur la Tnyère, est construit dans une vallée assez largement ouverte, creusée dans des micaschistes très plissés qui, au fur et à mesure, que l'on s'approche de la surface, se divisent en blocs de plus en plus petits. Dans l'ensemble, ces schistes plongent légèrement vers l'aval. Le site est exempt d'accident important ; seuls quelques délits schisteux sont cristallins et une zone de matériaux brisés vient couper en écharpe la rive gauche. La division due aux joints est très irrégulière ; en moyenne la maille est de 1 à 2 mètres. L'altération superficielle est très profonde.

Les blocs dans lesquels ont été taillés les cubes essayés (chapitre B. II, 1) proviennent des déblais des fouilles et les carottes des sondages de reconnaissance faits sur le site.

La roche est un gneiss composé de :

- nombreux cristaux de quartz,
- feldspath orthose très clair en larges cristaux,
- biotite très saine,
- très nombreux oxydes opaques,
- quelques cristaux d'augite.

Les lits de micas donnent à la roche une foliation nette. Les échantillons sont massifs.

14. SITE DU BARRAGE DE YATE

Situé à l'Est de l'île de la Nouvelle-Calédonie, à 60 km au S. E. de Nouméa, le site du barrage se trouve dans une gorge creusée dans un épais massif de serpentinite massive. Celle-ci est parcourue par des cassures verticales qui ont été agrandies par dissolution et sont fréquemment remplies de dépôts anciens argileux.

Les joints sont très affirmés et sur la rive gauche, une grande épaisseur de latérite recouvre le rocher qui affleure par contre, sur la rive droite.

Les blocs dans lesquels ont été taillés les cubes essayés (chapitre B. II. I) ont été prélevés à l'aval immédiat du barrage.

La roche est une serpentinite provenant de l'altération presque complète d'une péridotite. Sa composition est la suivante :

- résidu d'olivine craquelée,
- pyroxène orthorhombique (enstatite) complètement ouralitisé,
- lamelles d'antigorite orientées suivant les clivages de l'olivine,
- fibres de chrysotile peu nombreuses,
- nombreuses taches opaques de titano-magnétite.

La roche est très massive, à cassure conchoïdale. Parfois, un filonnet de chrysotile fibreux secondaire forme une petite surface de faiblesse. La coloration effectuée sur la lame mince souligne toutefois quelques micro-discontinuités extrêmement fines.

15. SITE DU BARRAGE DE ST-CHAMOND

Le site est constitué par une gorge assez ouverte creusée par le Gier dans les micaschistes constituant l'un des éléments de l'ensemble cristallin du Pilat. On peut, au voisinage de l'ouvrage, distinguer :

- des bancs riches en micas et feldspaths, de 10 à 20 cm,
- des niveaux plus micacés de faible épaisseur,
- des bancs quartzeux, durs, à cassure claire de 1 à 2 m. Ces bancs sont mêlés et pen- dent en moyenne de 25° vers la rive droite aval.

Quelques discontinuités mineures sont visibles, constituées principalement de diaclases franches, à tendance verticale, sensiblement perpendiculaires à la vallée.

Les blocs ayant servis à la taille des cubes essayés (chapitre II, B. 1) ont été prélevés à l'aval du barrage dans les déblais venant des fouilles.

La roche est un micaschiste composé de :

- lits de quartz en petits cristaux indentés,
- lits micacés (biotite et chlorite primaires),
- feldspath très rare.

Les lits d'éléments foncés et clairs sont d'égale importance, la schistosité est très nette. On peut observer des microdiscontinuités le long des lits, mais aucune sécante.

16. SITE DU BARRAGE DE SALAGOU

Au site, la vallée assez large taillée par le Salagou à quelques km en amont de son confluent avec la Lergue (Hérault), est constituée par des argilites rouges du Permien déposées sur une grande épaisseur et surmontées de basalte. Les joints de sédimentation, très étendus, sont subhorizontaux. La division du rocher, imposée par deux réseaux orthogonaux, peut s'opérer jusqu'à l'échelle du centimètre.

Des accidents assez irréguliers et très injectés d'argile, viennent rompre la monotonie des dépôts.

Les blocs ayant servis à la taille des cubes essayés (chapitre II, B, 1) proviennent des affleurements dans la rivière à l'aplomb de l'ouvrage et de la galerie R.D. Les carottes viennent d'un sondage vertical de 50 m, implanté rive gauche.

La roche est une argilite composée de :

- microcristaux de quartz,
- paillettes de mica hydraté,
- oxyde de fer,
- pâte d'illite avec très peu de vermiculite,
- calcite secondaire en filonnets très plans.

La roche est massive mais tendre ; les plans de sédimentation sont très nets et forment avec les filonnets de calcite de très nombreuses surfaces de faiblesse.

17. SITE DU BARRAGE DE NAGUILHES

L'ouvrage est construit sur un verrou naturel fermant le lac de Naguilhes à 30 km au SE d'Ax-les-Thermes (Ariège). Le rocher est un granite massif découpé seulement par de rares diaclases franches, orthogonales, marquées par une légère oxydation.

Les carottes essayées (chapitre II, B, 1) proviennent de sondages de reconnaissance.

La roche - un granite - est composée de :

- quartz en cristaux moyens,
- feldspath très clair potassique,
- biotite saine.

Les échantillons sont massifs ; quelques surfaces de faiblesse sont tachées d'oxydes rouillés.

18. SITE DU BARRAGE DE KYLE

Situé à 20 km au S E de Fort Victoria (Rhodésie), le site est une gorge creusée dans le socle granitique affleurant souvent sous forme de coupoles caractéristiques. La gorge montre partout un granite sain et massif, découpé parallèlement aux versants, par de grandes discontinuités. Cette desquamation peut s'étendre à quelques dix mètres de la surface. Des diaclases verticales, parallèles à l'axe de la vallée, très espacées, existent également.

Les blocs d'où ont été tirés les cubes essayés (chapitre B. II.1) proviennent des fouilles du barrage.

La roche est un granite composé de :

- quartz très abondant en grandes plages de petits cristaux indentés.
- feldspaths potassiques, orthose rare.
- microcline abondant, en gros cristaux clairs.
- plagioclases, peu nombreux : oligoclase partiellement altéré.
- muscovite très rare.
- biotite partiellement altérée en chlorite.
- épidote, hornblende verte.
- oxyde magnétique en amas opaques.

La roche est massive, à cassure conchoïdale sans plan de faiblesse apparent.

19. SITE DU BARRAGE DE BANGALA

Situé à 80 km au SSE de Fort-Victoria (Rhodésie), le site est creusé dans les paragneiss massifs, non loin de leur contact avec le socle granitique. Le litage grossier est très redressé et transversal à la vallée.

Les joints sont très nombreux et étendus ; ils forment deux réseaux verticaux parallèles ou perpendiculaires à la vallée.

Les accidents sont également verticaux et parallèles à la rivière : l'un d'eux, dans le lit, est injecté d'une bande de 20 m de dolérite.

L'altération superficielle s'étend jusqu'à 10 m de la surface.

Les blocs d'où ont été tirés les cubes essayés (chapitre B. II.1) proviennent des fouilles du barrage.

La roche est un gneiss composé de :

- quartz en cristaux moyens.
- feldspaths ; microcline, plagioclase.
- micas rares.

Les échantillons, très massifs, sont formés de très petits lits de micas et d'un fond de microcristaux de quartz enrobant des gros cristaux de feldspath. La foliation est rudimentaire. la cassure est conchoïdale.

**B - ESSAIS MECANQUES ET MESURES DES CARACTERES PHYSIQUES
PARTICULIERS DE MASSIFS ROCHEUX.**

Lors de l'analyse géologique des sites, nous avons rencontré et souligné certaines caractéristiques du massif rocheux de fondation susceptibles de poser des problèmes après construction et mise en service de l'ouvrage. La simple étude descriptive, aussi minutieuse soit-elle, ne peut pas résoudre ces problèmes.

Il faut alors essayer de reproduire, à une échelle pratique, les conditions futures auxquelles la roche sera soumise dans la réalité : efforts, contraintes, filtration, cycles climatiques

Le but de l'essai consiste à isoler le mieux possible le facteur à étudier pour le faire varier entre certaines limites.

Nous envisagerons dans ce travail :

- les mesures sur échantillons : essais mécaniques, essais de percolation et de claquage, observation de lames minces colorées.
- les mesures in situ : essais au vérin, essais de petite sismique, essais de percolation, mesures de contraintes.

Notre travail s'est limité à l'étude de détail d'un certain nombre de techniques. Afin de le situer dans le contexte général d'une reconnaissance complète in situ, il faut citer pour mémoire :

- les essais de cisaillements en place exécutés par exemple à Korubé au Japon ou à Vouglans en France
- les essais pressiométriques en forages (instruments : Mederatec ou C.E.B.T.P.)
- les observations par photos ou télévision en forage
- les mesures géophysiques en sondage (sismiques et électriques).

Mais avant d'aborder l'étude des essais proprement dits, il faut déterminer leur domaine de validité. Pour cela, l'analyse des discontinuités de la roche est indispensable ; c'est donc par elle que nous commencerons ce chapitre consacré à la géomécanique.

I. ETUDE STATISTIQUE DES DISCONTINUITÉS

1. Généralités

Les moyens de description d'un massif, longtemps limités à la définition de détails pétrographiques, sont aujourd'hui très efficacement complétés et élargis quant à la caractérisation de la structure du massif, par l'étude systématique des discontinuités.

Celles-ci déterminent des volumes dont les dimensions sont mesurées depuis l'Angström jusqu'au kilomètre; pratiquement pour l'étude d'une fondation rocheuse, on va du millimètre à quelques centaines de mètres.

SANDER (1948), MULLER (1963), CLAR (1963) ont défini un certain nombre de méthodes qui tendent à faciliter l'exploitation systématique des données de structure connues de longue date.

Dans le même but - celui d'une exploitation plus systématique de mesures simples - nous allons étudier les paramètres géométriques des réseaux de discontinuités par la méthode statistique. Soulignons que cette étude a été menée, avant tout, dans le but de fournir au géologue des moyens reproductibles de classer les sites, la définition mécanique de ceux-ci étant une étape supplémentaire que nous n'avons pas franchie.

2. Définitions des discontinuités

Les discontinuités qui séparent des volumes élémentaires d'un massif sont, soit originelles (sédimentation), soit le produit de déformations déterminées (schistosité), soit encore des surfaces de rupture (fissures, diaclases, failles). Cette classification, basée sur la genèse, est difficilement exploitable car d'une part, elle ne met pas clairement en évidence les paramètres géométriques et d'autre part, la superposition de phénomènes géologiques peut mélanger les caractères et rendre toute reconnaissance impossible.

Dans le système de classement adopté, nous avons retenu des critères basés sur la reconnaissance ou la morphologie.

On définit un réseau de discontinuités par une orientation moyenne dans l'espace, une extension moyenne et une maille des éléments constitutifs, par l'épaisseur des discontinuités et éventuellement par la matière qui s'y trouve. Dans les pages qui suivent, nous entendrons par écartement, la distance qui sépare deux discontinuités; la maille du réseau est l'écartement moyen des constituants du réseau.

Nous nous contenterons, dans ce travail, de définir une méthode d'étude des orientations et des écartements; pour une étude générale, il faudrait envisager les autres caractères avec autant de soin.

2.1. Classification

Les discontinuités d'un massif intéressent des échelles tellement différentes qu'il nous faut d'abord les classer et définir le moyen d'étude. Nous nous sommes arrêtés sur les quelques définitions simples suivantes:

- Microdiscontinuités: discontinuités mécaniques de la roche, décelables au microscope, qui comprennent pratiquement toutes les petites fractures de moins de 5μ , coupant ou contournant les cristaux, mais laissant toutefois l'échantillon entier. Elles présentent donc une certaine cohésion.

- Fissures: discontinuités décelables à vue à l'affleurement, ne revêtant pas un caractère systématique en orientation et de faible extension. On constate pratiquement que la roche se divise facilement le long des fissures; les épaisseurs n'excèdent pas quelques dixièmes de mm.

Il ne faut pas confondre ces fissures existant dans la roche avec des surfaces de ruptures, plus ou moins irrégulières, que l'on peut observer en paroi de galerie et qui sont dues à l'action mécanique de l'explosif.

- Joints (diaclasses, plans de sédimentation) : discontinuités visibles à l'affleurement, revêtant un caractère systématique en direction et présentant des surfaces relativement planes et étendues.

- Cisaillements : discontinuités où des évidences de mouvements relatifs sont visibles. Les surfaces en contact sont, soit striées (slickenside anglais), soit revêtues de minéraux d'altération formant miroirs - chlorite par exemple - soit même de faibles épaisseurs de mylonite. On constate très souvent que les cisaillements sont groupés (shear zone anglais).

- Faïlles : discontinuités planes ou non où les rejets sont notables. Les remplissages sont parfois importants, mais surtout, l'extension de l'accident est grande.

2.2. Comparaison de différentes classifications

Nous nous sommes quelque peu écartés des définitions données par THENOZ et FARRAN (1965) qui classent les discontinuités des roches en :

- microfissures matricielles ($\leq 1 \mu$) composées par des fissures inter et intra granulaires,
- microfractures (≤ 0.1 mm) s'étendant au-delà de la dimension des cristaux,
- macrofractures (> 0.1 mm) parfois ouvertes et bourrées de minéraux d'altération.

BERNALX (1966) ajoute des macrodiscontinuités à partir de la diaclasses et au-delà.

Nous avons préféré faire un classement basé sur le mode de reconnaissance (microscope ou affleurement) ou sur la morphologie : parallélisme ou non, trace de mouvements relatifs. On trouvera dans le tableau ci-après la correspondance des différentes définitions. L'école autrichienne, spécialement attachée à l'étude des discontinuités mécaniques d'un massif, analyse essentiellement les joints et les cisaillements appelés "fractures".

Nous avons indiqué les différents moyens envisagés pour l'observation et l'étude des discontinuités ainsi définies.

3. Etude des orientations

Dans le cas d'une distribution systématique de plans de discontinuités mécaniques, la définition de l'orientation est basée sur la détermination d'angles situant dans l'espace les plans étudiés. Pour éviter une interprétation de l'observateur dans la définition moyenne d'un réseau, on a l'habitude de procéder par relevés statistiques. En effet, il peut parfois paraître immédiat de caractériser le réseau après une simple vue d'ensemble, mais il faut se méfier d'un jugement hâtif, car d'un point à un autre du site les orientations peuvent changer sans que l'observateur puisse le constater. De plus, l'intérêt du relevé statistique est de permettre de chiffrer la dispersion.

Le relevé statistique tel que nous le pratiquons comporte donc deux impératifs :

- a) relever toutes les orientations au cours d'un cheminement,
- b) combiner les axes de cheminement pour ausculter le volume du massif et non pas une direction, ou une surface seulement.

Pratiquement sur les sites que nous avons prospectés, nous avons parcouru 100 à 150 m en profondeur dans chaque rive dans des galeries de reconnaissances, une centaine de mètres en amont et en aval de l'emplacement du barrage dans des tranchées horizontales et toute la hauteur du site dans des tranchées selon la plus grande pente. Une vaste surface d'affleurement et des puits nous ont parfois aidé à prospecter le site encore mieux en volume.

Types de discontinuités	Classification de J. Bernalx	Moyens d'observation	Moyens d'étude	Essais à faire
Microdiscontinuités	Microfissures	- Sur lames minces	- Statistique des écarts	Essais de charge à la poutre (vért.) Petite sismique. (- Lames minces colorées) (- Essais sur échantillon (percolation))
Fissures	Microfractures	(- A l'affleurement, (- Sur échantillons (- Sur carottes	- Statistique des écarts	
Joints	Macrofractures	- A l'affleurement parfois sur carottes	(- Statistique des écarts (- Statistique des orientations	
Craquellements	Macrodiscontinuités	- A l'affleurement	(- Statistique des écarts (- Statistique des orientations (- Cartographie	(- Etude des remplissages, (- Essais de cisaillement
Failles		- A l'affleurement et sur photos aériennes	(- Cartographie (- Statistique des écarts	(- Etude des remplissages, (- Essais de cisaillement (- Calcul de stabilité des rives

Nous caractérisons la direction d'un plan (figure 45) par l'azimuth α (par rapport au Nord magnétique par exemple) de la normale ascendante au plan considéré et par l'angle β qu'il fait avec le plan horizontal. Deux chiffres sont donc suffisants pour le caractériser.

Ces deux chiffres sont reportés sur un diagramme polaire : le premier correspondant à des rayons repérés de 0 à 360° (toute la rose de la boussole), le deuxième correspondant à des cercles concentriques de 0° au centre à 90° pour le cercle extérieur.

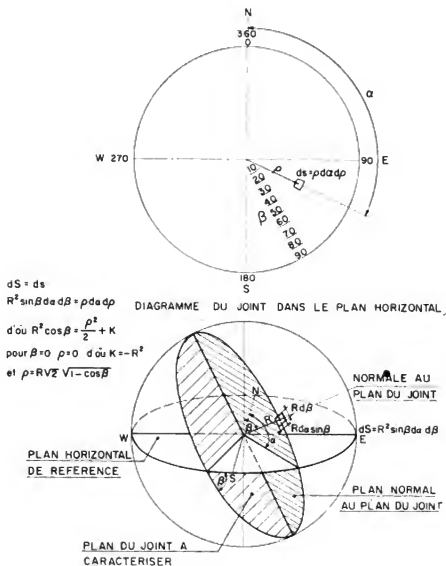


Fig. 45 - DIAGRAMME POLAIRE DE DEFINITION STATISTIQUE DES JOINTS D'UN MASSIF

Pour construire les diagrammes polaires, bien des auteurs ont proposé des méthodes basées sur divers systèmes de projection (SCHMIDT 1925 - SANDER 1926 - MULLER 1963 - TERZAGHI 1965).

Chaque plan est représenté dans le diagramme par un point P ; l'association de tous les points représentatifs conduit à des nuages de points.

Nous avons utilisé des diagrammes dans lesquels chaque petit carré sphérique, correspondant à 10° pour $\Delta\alpha$ et $\Delta\beta$ est dans le même rapport de surface en projection polaire plane. Dans ce cas, il faut que les rayons de chaque cercle coté en β soient :

$$\rho = K^2 \sqrt{1 - \cos^2 \beta} \quad (\text{projection Lambert, diagramme de SCHMIDT})$$

On compte le nombre de points par unité de surface pour obtenir des chiffres de densité de points. On relie ensuite les nombres d'égalité valeurs par des courbes que l'on affecte d'un pourcentage, soit :

$$\frac{\text{Nombre de points à l'intérieur de la courbe}}{\text{Nombre de points totaux}} \times 100$$

qui permet de connaître pour chaque zone la répartition des directions.

Au cours des descriptions géologiques du chapitre A, nous avons donné chaque fois des graphiques de ce genre. Pour connaître les directions des horizontales des plans, il faut ajouter ou retrancher 90° à la valeur lue sur le graphique. En effet, la définition classique d'un plan en géologie est :

- l'angle de ses horizontales par rapport au Nord (de 0 à 180°),
- son pendage en degrés par rapport à l'horizontale (0 à 90°),
- la direction de plongement qui est en fait celle du nuage de points du diagramme.

4. Etude des écartements

Depuis la microdiscontinuité jusqu'au cisaillement, le site est divisé par de nombreuses surfaces dont la cartographie est de plus en plus difficile au fur et à mesure que la maille (écartement moyen) diminue. Aussi, employons-nous la statistique des écartements pour suppléer à la cartographie et surtout pour obtenir d'un massif des données qui permettront de le classer comparativement à d'autres ou d'étudier la validité d'essais que l'on veut entreprendre.

On fait une suite de relèvements de plus courtes distances, entre surfaces de même nature, qui forment une population statistique. On aura ainsi une population pour les microdiscontinuités, une pour les fissures, une pour les joints et une pour les cisaillements. Ces relèvements doivent être systématiques. Sans aucune tentative d'interprétation de la part de l'opérateur.

4.1. Méthodes de relèvements

4.1.1. Les microdiscontinuités

Si l'étude systématique des matrices montre que des microdiscontinuités existent, on procède à leur étude en taillant dans des échantillons, préalablement colorés, trois lames minces orthogonales (chapitre B.II. 3) et on mesure au micromètre sous le microscope muni de l'objectif le moins puissant, les écartements entre microdiscontinuités. Sauf pour les discontinuités systématiques liées à des directions bien connues (foliation, sédimentation), nous ne faisons pas de correction permettant d'obtenir la plus courte distance entre plans de fissures. Notons que dans la majorité des cas, les microdiscontinuités visibles s'organisent plus ou moins en réseaux parallèles.

L'expérience montre qu'une cinquantaine de lames sont nécessaires. On obtient ainsi une population statis-

rique qui permet, quand le nombre de mesures est suffisant de tracer une courbe de répartition des fréquences donnant la valeur la plus fréquente et la dispersion des mesures. Nous préférons garder cette courbe plutôt que celle des fréquences cumulées, car elle est plus explicite pour la représentation des discontinuités que nous verrons ci-après.

4.12. Les fissures

Quand les affleurements offrent des signes évidents de division de l'ordre de quelques centimètres et au-dessus, sans que les directions soient systématiques et que les surfaces de discontinuités soient importantes, on fait un relevé de très nombreuses séries d'écartements entre fissures.

Pour cela, nous mesurons, le long des lignes de 1 ou 2 m, tous les écartements entre fissures préexistantes rencontrées : nous fixons les lignes de mesures suivant des directions variables, mais à des intervalles systématiques (tous les 5 m par exemple) au cours de l'examen des affleurements.

On dresse également une courbe de répartition des fréquences de cette population.

4.13. Joints

Pour cette catégorie, le relèvement des écarts ne se fait plus seulement sur des alignements locaux, mais sur toutes les surfaces disponibles. On relève dans cette série les distances qui séparent les plans de même nature franchement sécants à la direction de cheminement : sédimentation : joints parallèles voisins. On obtient ainsi une liste d'écartements.

Quand un joint est isolé, c'est-à-dire quand on ne peut pas voir le joint de même nature suivant, on l'affecte de la mesure x (dans une galerie, x est en général de l'ordre de 10 m, qui est la distance maximale de perception due essentiellement à l'éclairage et au recul) Nous avons introduit cet élément x dans les mesures pour garder au maximum la notion de statistique sans interprétation. En effet, à partir du moment où l'observateur ne peut plus voir ensemble deux surfaces, il est obligé de chercher l'une avec, en mémoire, les caractéristiques de l'autre, ce qui l'oblige déjà à une certaine interprétation.

On cherchera également à porter en graphique les populations statistiques. On obtient généralement une courbe de répartition des fréquences pour les écartements mesurés et une classification à part correspondant aux écartements x ; plus cette dernière est importante, plus le site est hétérogène au point de vue répartition des joints.

4.14. Cisaillements

Les cisaillements sont également étudiés statistiquement, mais leur cartographie devient de plus, nécessaire ; c'est en général de cette cartographie que nous tirons les éléments utilisés pour construire la courbe de répartition des écartements.

4.15. Failles

L'étude des écartements des failles est le plus souvent faite à partir de photos aériennes de la région et de vérification sur place.

4.2. Graphiques d'écartements

La représentation des mailles varie beaucoup avec chaque auteur, car les buts recherchés sont souvent assez variables. Nous donnons ici une représentation ressemblant à un classement granulométrique qui à pour avantage d'utiliser au maximum les données statistiques et dont le but est de fournir une image compacte d'un massif pouvant être, conjointement avec les graphiques d'orientation, utilisée dans des comparaisons de sites.

Chaque catégorie est représentée par un rectangle (figure 59) dont les hauteurs sont fonction des écartements extrêmes mesurés et dont les largeurs dépendent de la dispersion des mesures statistiques d'écartement

et d'orientation et de l'extension observable des discontinuités étudiées.

Nous avons simplifié la représentation en adoptant, pour nos graphiques, la convention de largeur suivante (figure 46) :

- un carré quand le coefficient de variation $\frac{\sigma}{\bar{\sigma}}$ de la distribution des écartements est supérieur à 0,50, quand le diagramme polaire des orientations montre des courbes très serrées et quand, dans le cas des joints, au moins 50% de ceux-ci traversent toute la galerie (soit deux mètres).
- un demi carré quand le coefficient de variation de la distribution des écartements est compris entre 0,20 et 0,50, quand le diagramme polaire des orientations montre des courbes moyennement serrées et quand, dans le cas des joints, moins de 50% de ceux-ci traversent la galerie.
- un simple trait quand le coefficient de variation de la distribution des écartements est inférieur à 0,20 et quand, sur le diagramme polaire des orientations, les courbes sont très lâches.

Dans une catégorie de discontinuités données, on peut être amené à distinguer les écartements de différents réseaux, dont les orientations et l'extension diffèrent beaucoup ; chacun sera représenté par un rectangle élémentaire, défini à la suite de l'étude statistique du réseau. La juxtaposition des rectangles élémentaires forme le graphique représentatif de la discontinuité mécanique étudiée.

Nous avons fait figurer en regard de l'axe des écartements, sur les graphiques globaux (exemple figure 47), le domaine de validité des essais usuels dont nous étudierons quelques exemples par la suite : lames minces colorées, essais sur échantillons, essais au vérin, petite sismique. Une fois établi le graphique d'un site, on peut donc apprécier l'importance des discontinuités mécaniques, c'est-à-dire la complexité de la structure et ensuite, mieux connaître la représentativité des essais que l'on pourrait être amené à concevoir.

Nous nous rattachons aussi à l'une des idées maîtresses exprimées au cours du Premier Congrès International de mécanique des roches de Lisbonne (1966) : "La géologie détermine l'échelle à utiliser pour les reconnaissances".

5. Analyse de quelques exemples

Nous avons spécialement étudié les sites de Malpasset, Hendrik Verwoerd, Tachien, Gittaz et Sainte-Croix dans le but de définir les graphiques d'écartement et d'orientation des discontinuités.

5.1. Malpasset

La géologie du site a été décrite en détail au chapitre A.I.1. Un barrage-voûte de 66 m de hauteur y a été construit, puis ruiné en 1959.

Tous les types de discontinuité sont présents (figure 47) ; on a une représentation qui fait donc intervenir le millimètre au même titre que la dizaine de mètres. Nous voyons donc que cela impose une série d'études pour les différentes échelles.

A petite échelle, les lames minces et les échantillons nous renseigneront sur l'aspect matriciel des phénomènes ; nous en verrons quelques résultats au cours des chapitres suivants.

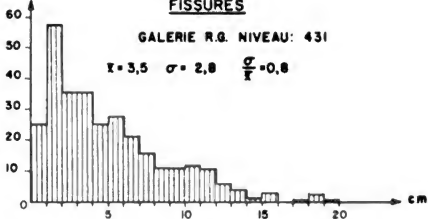
A l'échelle moyenne, les résultats des essais au vérin peuvent être représentatifs ainsi que ceux de la petite sismique, mais il reste toute la gamme des discontinuités à maille supérieure à la dizaine de mètres qui imposent un levé cartographique et des épures de stabilité.

Nombre de mesures

FISSURES

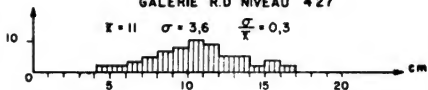
GALERIE R.G. NIVEAU: 431

$$\bar{x} = 3,5 \quad \sigma = 2,8 \quad \frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,8$$



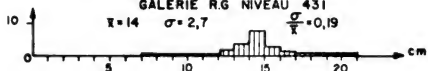
GALERIE R.D NIVEAU 427

$$\bar{x} = 11 \quad \sigma = 3,6 \quad \frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,3$$



GALERIE R.G NIVEAU 431

$$\bar{x} = 14 \quad \sigma = 2,7 \quad \frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,19$$



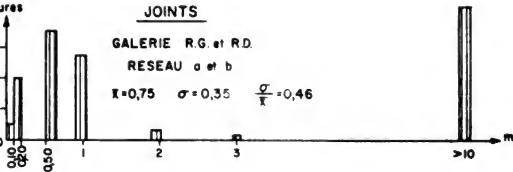
Nombre de mesures

JOINTS

GALERIE R.G. et R.D.

RESEAU a et b

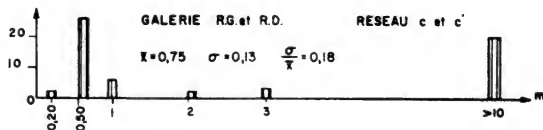
$$\bar{x} = 0,75 \quad \sigma = 0,35 \quad \frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,46$$



GALERIE R.G. et R.D.

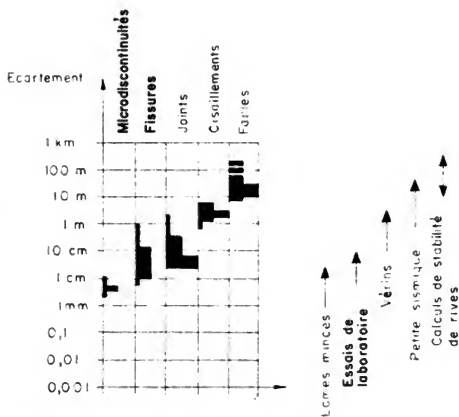
RESEAU c et c'

$$\bar{x} = 0,75 \quad \sigma = 0,13 \quad \frac{\sigma}{\bar{x}} = 0,18$$



REPARTITION DES DISCONTINUITES

SITE DU BARRAGE DE S^t CROIX
fig 46



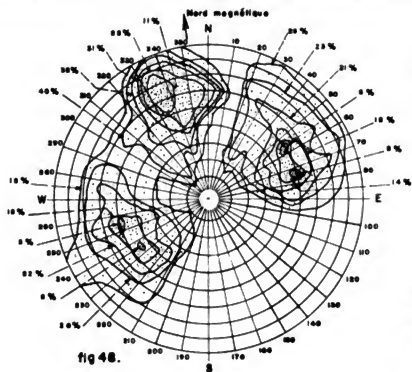
SITE DU BARRAGE DE MALPASSET

Fig. 47. -

Nous trouvons sur les figures 48 et 49 les orientations des joints, des cisaillements et des failles relatives aux colonnes correspondantes du graphique d'écartement.

Dans la catégorie joints, on voit que les densités de points sont les mêmes : on doit donc considérer de façon égale les trois systèmes.

Pour les cisaillements et failles, le graphique reflète bien la complexité du site ; on peut cependant y reconnaître les deux systèmes tectoniques Nord-Sud et Est-Ouest.

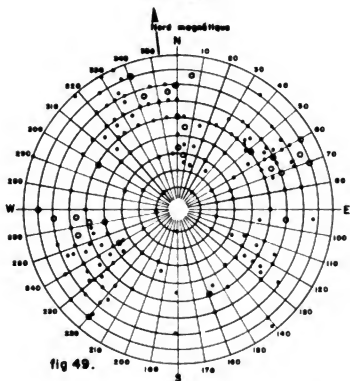


Densité de points
(nombre de points par unité
de surface)



Les pourcentages donnent
la proportion de points
existants à l'intérieur de
la courbe correspondante

PETITS JOINTS



- Faïsse aval (partie basse)
- Cisaillement
- Faïsse

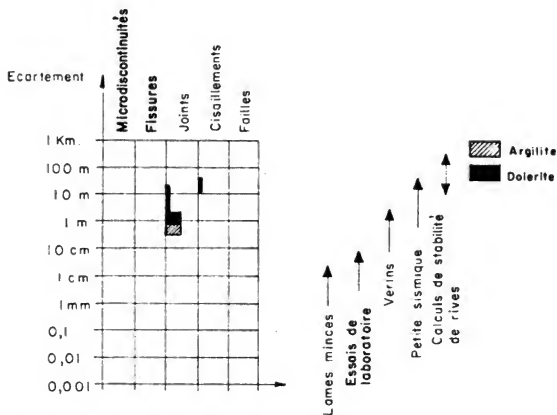
FAILLES ET CISAILLEMENTS

SITE DU BARRAGE DE
MALPASSET

5.2. Hendrik Verwoerd

La géologie du site a été décrite en détail au chapitre A.1.2. Une voûte de 90 m de hauteur y est actuellement en construction.

Dans ce cas, seuls les joints interviennent (figure 50) : leur maille, trop grande, est telle que les essais au vérin sont à la limite de leur représentativité : par contre, la petite sismique semble bien adaptée.



SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

fig 50.

Les figures 51 et 52 montrent des densités de points moyennes, indiquant que les réseaux n'ont pas des directions rigoureusement constantes. Le réseau horizontal et le réseau vertical nord ouest - sud est sont les plus marqués.

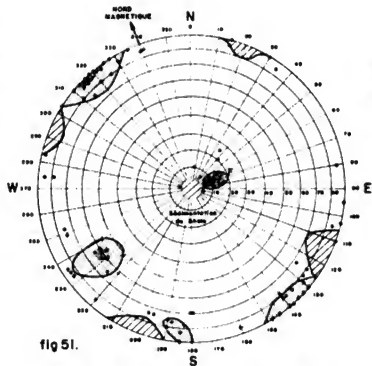




fig 51.

DIAGRAMME DES GRANDS JOINTS CONTINUS

 Joints dans l'Argillite
 écartement: 1,00 à 1,50 mètre

 Joints dans la Dolérite, écartement des joints de NNW-SSE
 F: 1,00 m.

Joints dans la Dolérite, écartement des joints rive droite:
 6,00 à 10,00 m.

Joints dans la Dolérite, écartement des joints rive gauche:
 5,00 m.

Epaisseur des joints Chloritiques
 Calcaires ou remplis de Zéolite:
 0,20 à 2 mm.

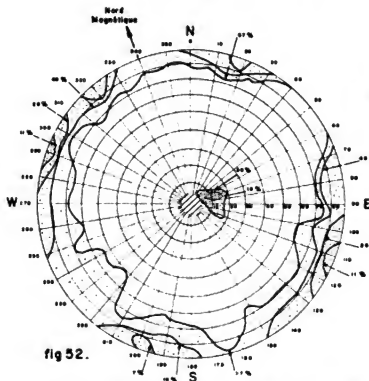


fig 52.

DIAGRAMME DES PETITS JOINTS

 Sédimentation de l'Argillite

Les pourcentages donnent la proportion de points suivant à l'intérieur de la courbe correspondance

Ecartement des joints dans la Dolérite rive gauche: 1,00 mètre

Ecartement des joints dans la Dolérite rive droite: 1,00 à 1,50 mètre

Ecartement des joints dans l'Argillite: 0,30 mètre

Densité des points
 (nombre de points par unité de surface)

-  1
-  6
-  10
-  15

SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

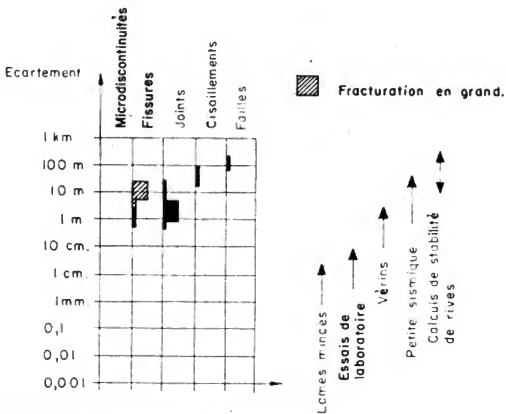
5.3. Tachien.

La géologie du site a été décrite en détail au chapitre A.1.3. Une voûte de 200 m est projetée.

Il y a lieu, dans ce cas, de dissocier le site principal de l'éperon rive gauche.

5.31. Site principal

Nous distinguons ici (figure 53), parmi les discontinuités moyennes qui définissent en majorité la structure, les joints et les "fractures" qui sont des discontinuités ouvertes, de grande extension, sans remplissage. Les écartements varient entre 0,50 m et 30 m.

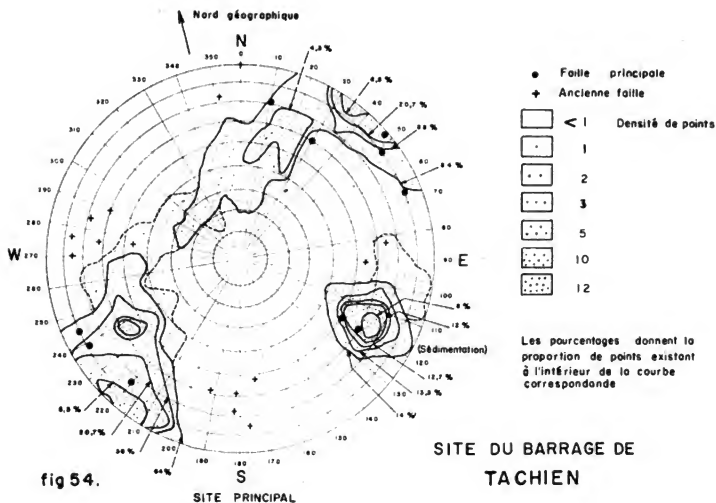


SITE DU BARRAGE DE TACHIEN , Site principal
fig 53.

La maille des joints est telle que les résultats des essais au vérin risquent de ne pas être assez représentatifs ; c'est ce qui nous a obligé, dans les comparaisons de résultats d'essais au vérin et de petite sismique, à ne retenir que les emplacements où la maille était inférieure au mètre.

Les "fractures", ayant une maille importante, conduisent pratiquement les essais mécaniques de déformation. Par contre, l'emploi de procédés géophysiques est justifié.

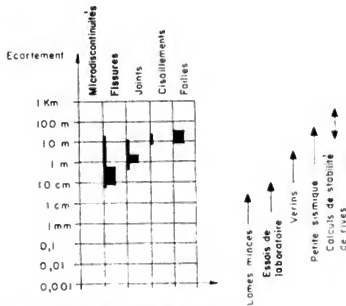
La figure 54 montre que deux réseaux de joints ont une égale influence en ce qui concerne les directions ; l'un d'eux est formé par les joints de sédimentation.



5.32. L'éperon rive gauche

La structure de l'éperon est quelque peu différente de celle du site car, si la maille des discontinuités est toujours du même ordre de grandeur, la présence de failles vient créer un problème supplémentaire (figure 55). On voit que leur maille étant petite, la cartographie risque d'être extrêmement difficile si on ne dispose pas d'un réseau d'investigation très serré. On a vu au chapitre A.1.3. que l'étude de cet éperon a été faite par un réseau impressionnant de galeries qui a permis de définir des zones de qualités différentes.

L'importance des failles a également nécessité des études particulières qui seront décrites au chapitre B.4. (délavage de remplissage, etc...).



SITE DU BARRAGE DE TACHIEN, Eperon

fig 55.

La figure 56 montre que les directions principales de discontinuités sont le pendage des couches et un réseau vertical NW-SE qui traverse perpendiculairement l'éperon.

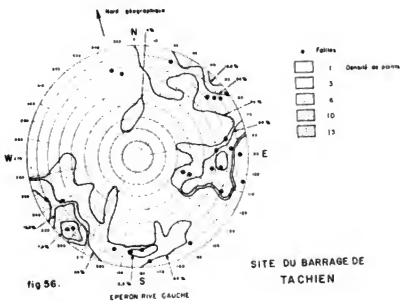


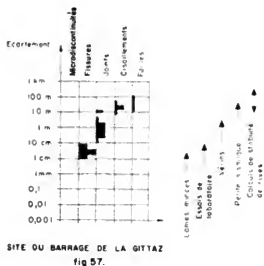
fig 56.

SITE DU BARRAGE DE TACHIEN

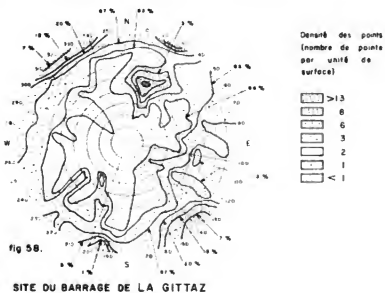
5.4. La Gittaz

La géologie du site a été décrite au chapitre A. III. 5. Une voûte de 66 m est en construction.

L'étude des écartements des nombreuses discontinuités est donnée dans la figure 57. On peut voir que leur influence peut être connue en grande partie par des essais au vérin et, à plus forte raison, par la petite sismique. Il reste toutefois la présence de cisaillements ou failles qui impose la cartographie du site.



La figure 58 montre surtout la présence prépondérante d'une direction verticale NNE-SSW (perpendiculaire à la vallée) qui est liée à la direction de la schistosité et l'influence d'un réseau moins dense ESE-WNW. Ce deuxième réseau est à l'origine du phénomène de fauchage des bancs rive droite et de l'apparition de dalles plus ou moins instables sur la rive gauche où la surface topographique est parallèle aux joints.



5.5. Barrage de Sainte-Croix

La géologie a été décrite au chapitre A.III.8. Une voûte de 110 m est projetée.

On constate sur la figure 59, que c'est la présence des discontinuités à maille réduite qui régit la définition du massif. Leur étude est du ressort des essais au vérin ou de la petite sismique. On note la présence de cisaillements et de failles peu nombreuses qui imposent cependant une cartographie.

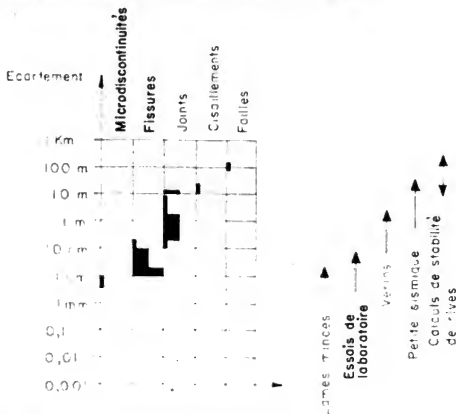


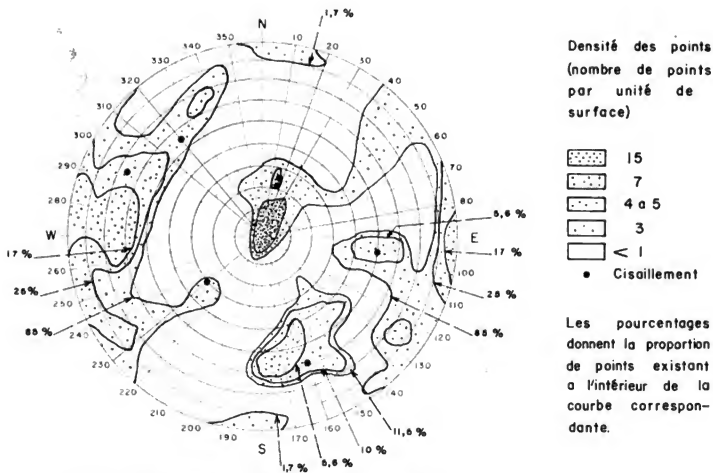
fig 59 SITE DU BARRAGE DE SAINTE CROIX

La figure 60 montre que la direction des discontinuités la plus fréquente est sensiblement horizontale c'est la direction des couches. Les autres directions sont très floues mais peuvent se décomposer en deux réseaux orthogonaux.

6. Conclusion

L'utilisation des graphiques d'écartements et d'orientation est multiple

Les premiers, par leur représentation frappante, constituent une "fiche" pour chaque site, utilisable en particulier dans des comparaisons. Nous avons vu, en outre, qu'ils permettent de connaître la validité d'un essai. On pourrait alors être tenté d'utiliser ces relevés statistiques systématiquement en appliquant à priori le système de reconnaissance justifié. Il peut toutefois exister un élément structural important, mais inclé donc non concerné par la statistique. On peut cependant penser que pour de petites dimensions de mailles (de l'ordre de quelques mètres), la méthode est satisfaisante car elle intéresse de nombreuses mesures. Mais au fur et à mesure



SITE DU BARRAGE DE SAINTE CROIX

fig 60.

que les mailles augmentent, c'est-à-dire que le nombre de mesures intéressant directement le massif diminue, la présence d'un accident isolé peut prendre de plus en plus d'importance.

Les orientations sont utilisées dans les épures de stabilité des rives et par le projeteur dans la détermination des orientations des sondages, des voiles d'injection et de drainage. En effet, il est très facile, dans le graphique polaire, de représenter la direction de la poussée d'un barrage sur une rive, du poids d'un volume rocheux, des sous-pressions exercées sur les faces de ce volume. Il est toutefois préférable, dans ce cas, de faire une projection stéréographique car la projection Lambert proposée ici ne se prête pas commodément aux constructions géométriques nécessaires à l'étude de la stabilité.

Il ne faut pas non plus oublier que la mesure de tous les types de discontinuités constitue un travail de fond important qui force le géologue à parcourir tout le site, favorisant ainsi la découverte de détails qui pourraient passer inaperçus autrement.

Rappelons enfin que la nature de la discontinuité envisagée a une extrême influence sur le comportement du massif. Nous n'avons, dans cette étude, présenté que deux aspects de l'influence des discontinuités : orientation et écartement. Dans le cadre de l'étude générale d'un massif, le troisième aspect non traité ici - celui de la nature des interfaces et du remplissage - doit être étudié avec le même soin. Par exemple, les sites de La Gittaz et de Sainte-Croix montrent des graphiques d'écartements semblables, mais l'étude des interfaces montrerait, par exemple, que les fissures sont fermées et irrégulières à Sainte-Croix, ouvertes et planes à La Gittaz.

II. ESSAIS SUR ECHANTILLONS

En analysant les graphiques d'écartements définis au chapitre précédent on peut voir que, dans certains cas, les phénomènes observés sur échantillons peuvent expliquer une part notable de la réaction du massif. Dans le cas contraire, nous pensons qu'une étude sur échantillons est cependant souhaitable, car elle peut révéler un vice de la matrice, observé à l'échelle du décimètre cube, vice, plus ou moins indépendant de la structure et capable de compromettre la tenue de volumes beaucoup plus grands.

Nous allons analyser quelques cas d'essais sur échantillons.

1. Essais d'écrasement d'échantillons rocheux

Le but des essais entrepris est d'obtenir les valeurs des résistances à la compression simple par écrasement et, à la traction par écrasement Brésilien (suivant les génératrices d'un cylindre), en fonction de la teneur en eau de l'échantillon et du temps d'immersion.

1.1.

La représentativité de l'échantillon est le premier écueil que l'on rencontre dans ce type d'essai. Pour effectuer nos expériences, nous avons prélevé des échantillons en des points caractéristiques des sites en cours d'étude ; ces échantillons représentent un volume plus ou moins grand de roche située autour du point de prélèvement, mais pas nécessairement le volume entier du massif. Il faut donc considérer que les phénomènes mis en lumière sont seulement afférents à la roche étudiée localement. Le passage au site demanderait un nombre considérable d'échantillons que nous n'avons pas toujours pu recueillir.

Nous nous sommes particulièrement intéressés à l'effet de l'imbibition d'un échantillon sur sa résistance à l'écrasement. Il est hors question d'en déduire une valeur absolue de la charge limite que peut supporter le massif, mais il est intéressant de comparer les résultats d'essais exécutés après humidification, une variation relative notable pouvant être révélatrice d'un vice de la matrice rocheuse.

1.2. Choix des échantillons

Nous avons utilisé soit des cubes taillés dans des blocs de 50 à 200 kg, soit des cylindres extraits de carottes de sondage. Dans chaque cas, nous avons indiqué la source du prélèvement, effectué en général en un seul point du site. Le fait que le sciage ait été possible montre déjà qu'il s'agit de bons échantillons.

Les cubes mesuraient 40 mm de côté et les cylindres 41 mm de diamètre et 83 mm de longueur. Notons que les valeurs des résistances à la compression sont différentes pour un échantillon cylindrique et un échantillon cubique. Par exemple, au barrage de Pahlavi (FOX - 1964), sur des conglomérats et molasses, la valeur trouvée sur cube est 20% supérieure à la valeur trouvée sur cylindre. Dans le cas du béton, pour des résistances à la compression simple de 250 bars, G. BREUX (1965) trouve 15 à 20% de différence.

Comme nous nous intéressons surtout aux variations relatives, nous pourrions négliger cette différence

Le tableau ci-dessous donne l'ensemble des échantillons essayés :

Sites	Emplacement, nature de l'ouvrage, hauteur	Nature de la fondation	Nombre de cubes	Nombre de cylindres
MALPASSET	Esterel - France voûte, 66 m	gneiss	104	
YATE	Nouvelle-Calédonie voûte, 55 m	serpentinite	50	
ST-CHAMOND	Vivarais - France voûte, 45 m	micaschiste	51	
SALAGOU	Languedoc - France entrochement, 65 m	argilite	42	27
GRANDVAL	Massif-Central France voûtes multiples, 88 m	gneiss	15	13
TACHIEN	Ile de Formose voûte, 200 m	quartzite		64
KYLE	Rhodésie voûte, 65 m	granite	127	
BANGALA	Rhodésie voûte, 45 m	gneiss	211	
MONTEYNARD	Dauphiné - France voûte, 155 m	calcaire marneux	40	380
NAGUILHES	Roussillon - France voûte, 60 m	granite		80

La composition pétrographique des échantillons essayés a été étudiée au chapitre A.III.

Les cubes de gneiss du site de Malpasset ont été taillés dans des blocs prélevés en bas de la rive gauche, à l'aval immédiat de la voûte. C'est un gneiss du type fibreux dont l'analyse pétrographique a été faite au chapitre A.I.1. Notons que les cubes essayés ne présentaient que peu de microdiscontinuités par rapport à la moyenne du site (1 microdiscontinuité de 1 à 2 μ par cube).

1.3. Conditions d'essai

1.31. Humidification des échantillons

L'essai dit à sec est effectué en réalité avec des échantillons à teneur en eau faible, c'est-à-dire après un séjour d'un certain temps dans un local abrité où on stocke les cubes en attente. Cette valeur est inférieure à 0.2%.

Pour obtenir l'imbibition, la série d'échantillons est placée dans une cuve (figure 61) caiculée pour résister à une pression interne de 50 bars. La cuve est mise sous vide pendant une ou deux heures, afin de dégazer les échantillons, et ensuite remplie d'eau que l'on porte à la pression de 10 bars. Au bout d'un temps donné, les échantillons sont sortis, essayés sous la presse (figure 62) et la teneur en eau est mesurée sur une



- Manomètre.
- Cuve.
- Plateau de réglage
maintenant la pression
constante.
- Pompe de mise en
pression.

fig 61.

CUVE ET POMPE A PRESSION UTILISEES POUR LA SATURATION DES ECHANTILLONS



- Manomètre basse pression
- Manomètre haute pression
- Plateau supérieur de réglage
- Plateau inférieur sur rotule

fig 62.

PRESSE LE PETIT DE 30 TONNES UTILISEE POUR LES ESSAIS D'ECRASEMENT

**MATERIEL UTILISE POUR LES ECRASEMENTS
DES CUBES SATURES D'EAU SOUS PRESSION**

prise moyenne. Les porosités n'ont pas été mesurées directement ; par contre, nous avons pu les estimer par la méthode optique décrite au paragraphe 3.4. ; dans tous les cas, elles étaient inférieures à 0,5%.

1.32. Compression

Pour chaque série d'essais, un certain nombre de cubes ou de cylindres sont écrasés sous presse. Une feuille de carton est interposée sous chaque face. Les cylindres ont une hauteur égale à environ deux fois leur diamètre. La manœuvre de la pompe est manuelle, mais on s'est efforcé d'obtenir une montée en pression régulière : environ 10 bars par seconde ; le chiffre noté est la pression maximale atteinte pour la rupture ; nous avons également noté les pressions pour lesquelles se produisent les premiers craquements, mais n'avons toutefois pas fait usage de ces pressions trop irrégulièrement distribuées.

1.33. Traction brésilienne

Nous avons utilisé l'essai brésilien dans lequel un cylindre parfaitement dressé est écrasé sous presse suivant deux génératrices ; la valeur de la résistance à la traction est $R = \frac{Q}{\pi DL}$

- Q = charge lue sur la presse
- D = diamètre de l'échantillon
- L = longueur de l'échantillon

On doit toutefois remarquer que la théorie de l'essai brésilien (PELETIER - 1954) fait ressortir en milieu saturé une augmentation de la pression moyenne au centre de l'échantillon, donc sans doute également une augmentation des pressions interstitielles.

Quand nous ne disposons pas de cylindres, nous avons utilisé des cubes de 4 x 4 x 4 cm écrasés entre deux cylindres métalliques de diamètre 4 cm, car l'écrasement d'un certain nombre de cylindres et de cubes tirés d'un même site (Montheyard) a montré que l'approximation était valable en utilisant la même formule avec la même réserve que précédemment.

1.4. Résultats

1.41.

Les figures 63 à 71 donnent les résultats élémentaires de chaque essai. Nous avons traduit en graphiques, chaque fois que le nombre d'essais était suffisant, l'évolution des résistances à la traction et à la compression et des teneurs en eau en fonction du temps d'immersion dans l'eau à 10 bars.

Pour les sites de Tachien, Kyle, Bangala, Naguilhes, nous n'avons exécuté qu'une série d'essais dits à sec (en fait à teneur en eau très faible) et humide (en général 80% de la saturation). Dans ce cas, le nombre d'essais est suffisant pour obtenir une représentation statistique.

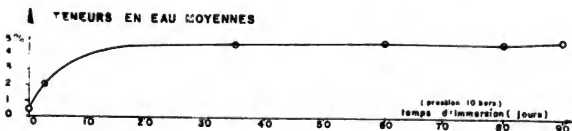
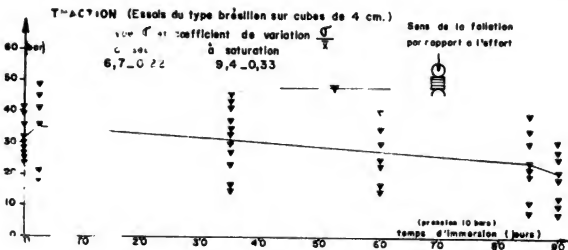
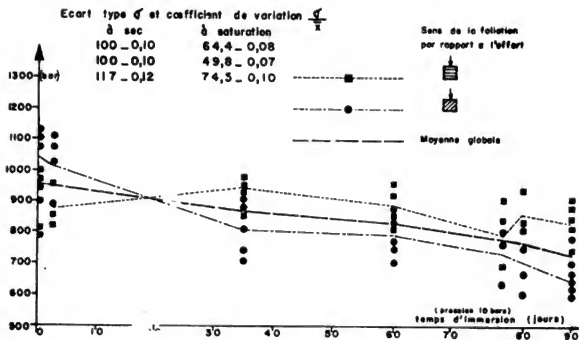
Le tableau I résume les caractéristiques notables obtenues par la série d'essais ; la figure 72 donne les variations de résistances à la compression et à la traction brésilienne par rapport à la résistance initiale en fonction du temps d'immersion.

1.411. Résistance à la compression

Les résistances à la compression diminuent avec la saturation et le temps d'immersion ; l'évolution est plus ou moins rapide et, sauf pour les argilites de Salagou, semble continuer à la fin de l'expérience qui a été arrêtée faute d'un nombre suffisant de cubes ; le temps nécessaire à la stabilisation du phénomène est court pour les argilites (3 jours), doit être plus long pour les calcaires et encore plus long pour les roches cristallines (voir figure 72).

La chute de résistance ne semble pas dépendre de la pression de l'eau de saturation. Ce phénomène est

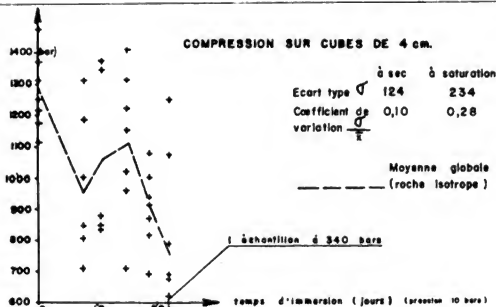
COMPRESSION SUR CUBES DE 4 cm.



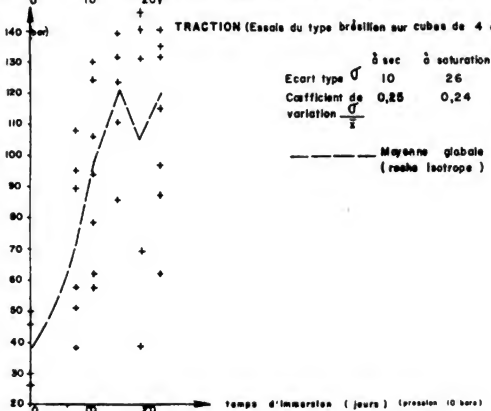
SITE DU BARRAGE DE MALPASSET
ESSAIS D'ÉCRASEMENT

fig 63.

COMPRESSION SUR CUBES DE 4 cm.



TRACTION (Essais du type brésilien sur cubes de 4 cm.)

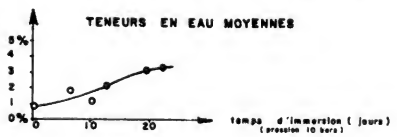
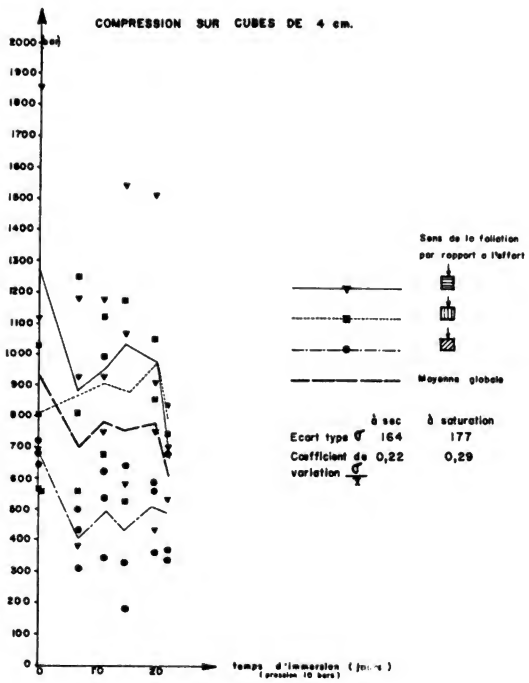


TENEURS EN EAU MOYENNES



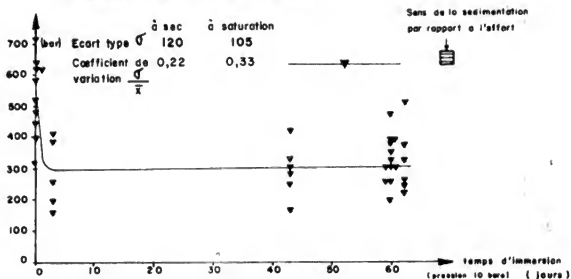
SITE DU BARRAGE DE YATÉ
ESSAIS D'ECRABEMENT

f 64

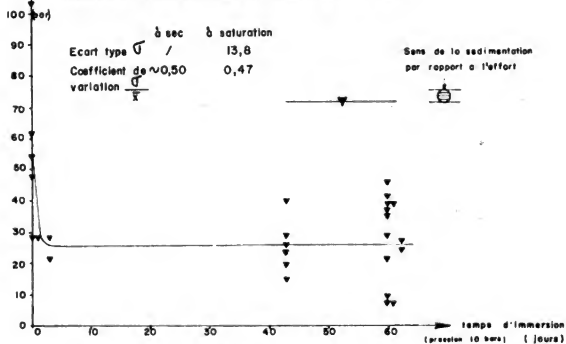


SITE DU BARRAGE DE SAINT CHAMOND
ESSAIS D'ECRASEMENT
fig 65.

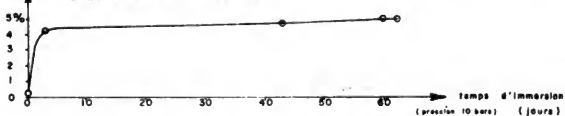
COMPRESSION SUR CUBES DE 4 cm.



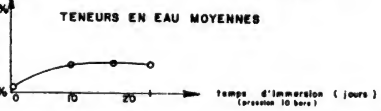
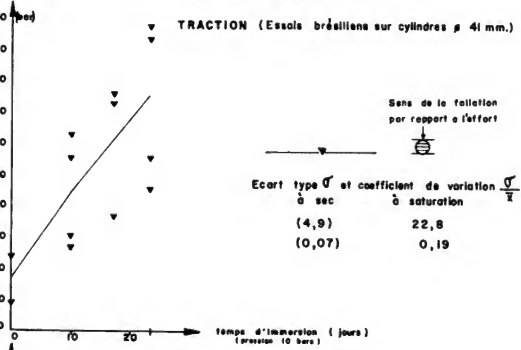
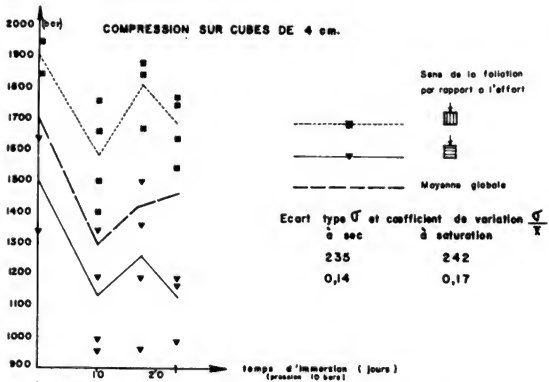
TRACTION (Essais brâilliens sur cylindre de ϕ 41 mm.)



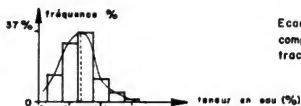
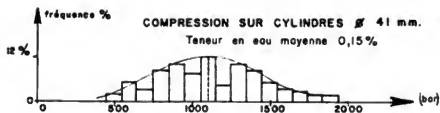
TENEURS EN EAU MOYENNES



SITE DU BARRAGE DE SALAGOU
ESSAIS D'ÉCRASEMENT

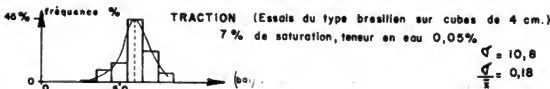
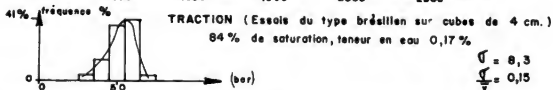
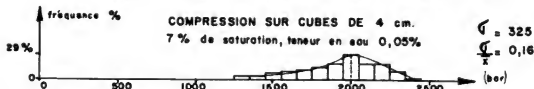
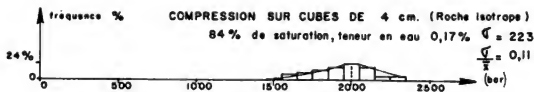


SITE DU BARRAGE DE GRANDVAL
ESSAIS D'ECRASUREMENT
fig 67.



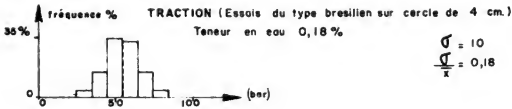
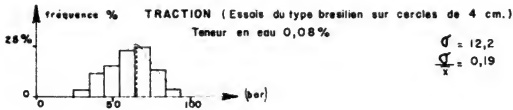
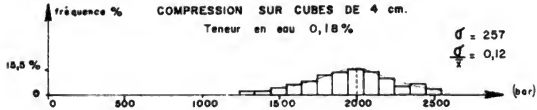
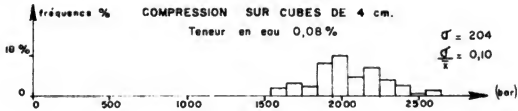
Ecart type σ et coefficient de variation $\frac{\sigma}{\bar{x}}$
compression: 317 - 0,29
traction: 35 - 0,23

SITE DU BARRAGE DE TACHEN
ESSAIS D'ECRASEMENT



SITE DU BARRAGE DE KYLE
ESSAIS D'ECRASEMENT

Résultats groupés



Résultats particuliers

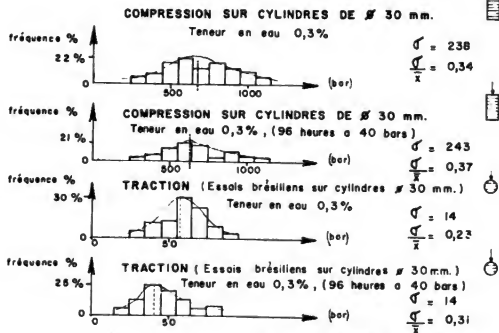
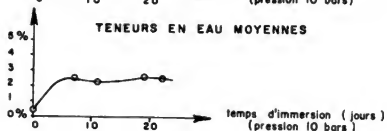
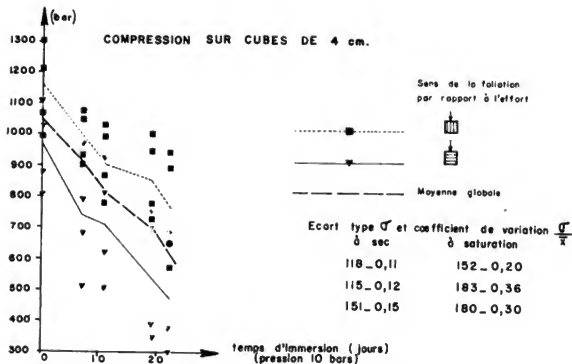
compression		orientation de la foliation	traction	
sec (0,08%)	humide (0,18%)		sec (0,08%)	humide (0,18%)
2015 bars	2090 bars		62 bars	54 bars
2120 bars	2170 bars		67 bars	57 bars
2015 bars	1915 bars		68 bars	57 bars

NOTA

σ : Ecart type

$\frac{\sigma}{\bar{x}}$: Coefficient de variation

SITE DU BARRAGE DE BENGALA
ESSAIS D'ECRASEMENT
fig 69.

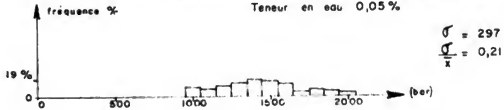


SITE DU BARRAGE DE MONTEYNARD
ESSAIS D'ECRASEMENT

fig 70.

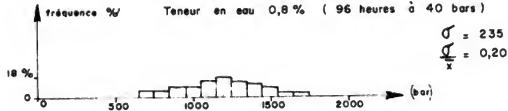
COMPRESSIONS SUR CYLINDRES DE ϕ 30 mm.

Teneur en eau 0,05 %



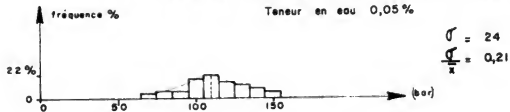
COMPRESSIONS SUR CYLINDRES DE ϕ 30 mm.

Teneur en eau 0,8 % (96 heures à 40 bars)



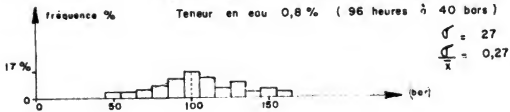
TRACTION (Essais brésiliens sur cylindres ϕ 30 mm.)

Teneur en eau 0,05 %



TRACTION (Essais brésiliens sur cylindres ϕ 30 mm.)

Teneur en eau 0,8 % (96 heures à 40 bars)



NOTA

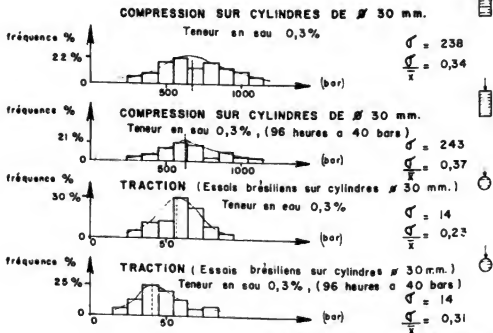
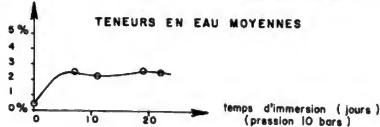
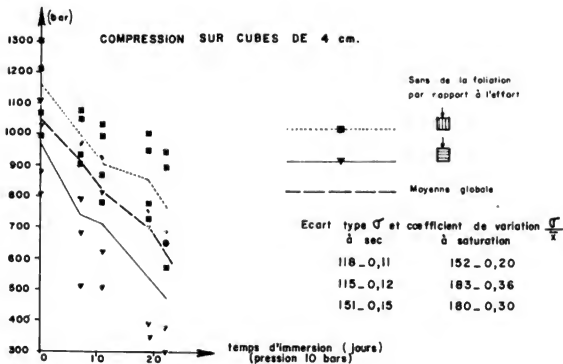
σ : Ecart type

$\frac{\sigma}{\bar{x}}$: Coefficient de variation

SITE DU BARRAGE DE NAGUILHES

ESSAIS D'ÉCRASSEMENT

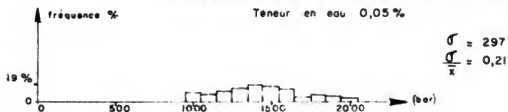
fig 71.



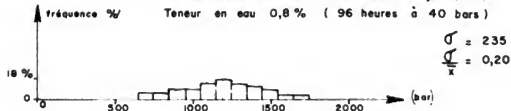
SITE DU BARRAGE DE MONTEYARD
ESSAIS D'ECRASEMENT

fig 70.

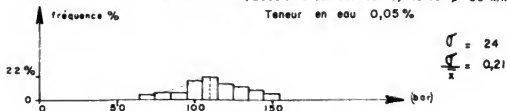
COMPRESSIONS SUR CYLINDRES DE ϕ 30 mm.



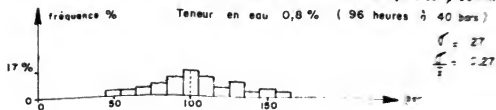
COMPRESSIONS SUR CYLINDRES DE ϕ 30 mm.



TRACTION (Essais brésiliens sur cylindres ϕ 30 mm.)



TRACTION (Essais brésiliens sur cylindres ϕ 30 mm.)



NOTA

σ : Ecart type

$\frac{\sigma}{\bar{x}}$: Coefficient de variation

SITE D'ÉLABORATION DE LA RECHERCHE

ÉQUIPE RECHERCHEUR

1977



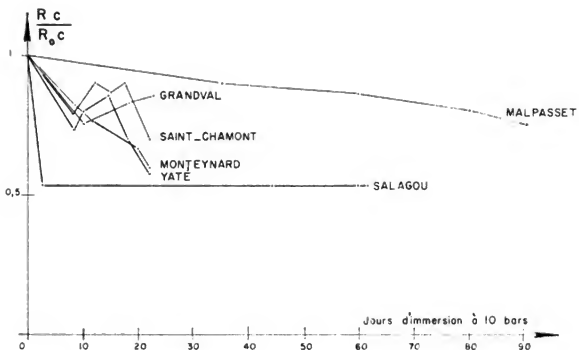
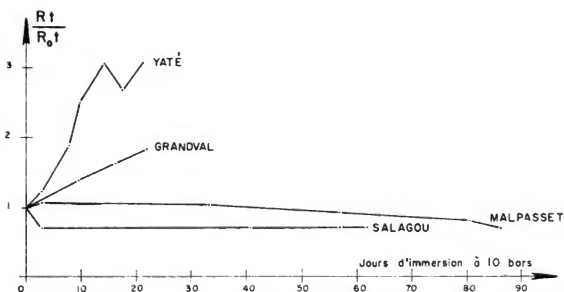
Nom du site	Chute % à la compression 	Teneur en eau	Chute % à la fraction 	Dispersion	
				Coefficient de variation à sec	$\frac{V}{V_0}$ à saturation
MALPASSET (Gneiss)	6,7% / 37,5% linéaire linéaire 23%	0,4 à 0,5 % très rapidement puis pelier	45 % / linéaire (augments tout au début)	compression = 0,12 fraction = 0,22	0,10 0,33
YATE (Serpentinite)	linéaire 36 %	0,08 à 1,1 % linéairement	augments 450 % linéaire puis se stabilise	compression = 0,10 fraction = 0,25	0,28 0,24
S ^t CHAMOND (Micaschiste)	6,2% à 49% à la fin linéaire 29,5% linéaire 35,5%	0,6 à 3,2 % linéairement		compression = 0,22	0,29
SALAGOU (Argilite)	45 % / chute brutale puis pelier	0,3 à 0,5 % très rapidement puis pelier	36,5 % / chute brutale puis pelier	compression = 0,22 fraction = 0,50	0,33 0,47
GRANDVAL (Gneiss)	10,5% / 26,5% chute puis reste en pelier 15% chute puis pelier (10%)	0,3 à 1,8 % très rapidement puis pelier	46 % / augments linéairement	compression = 0,14 fraction = 0,07	0,17 0,18
TACHËN (Quartzite)		faible 0,15 %		compression = 0,29 fraction = 0,23	
KYLE (Grenite)	0 % (Echantillon isotrope)	0,05 à 0,17 %	11 % (Echantillon isotrope)	compression = 0,16 fraction = 0,18	0,11 0,15
BANGALA (Gneiss)	0 %	0,08 à 0,16 %	13 % 15 % 16 % 15 %	compression = 0,10 fraction = 0,19	0,12 0,18
MONTEYARD (Calcaire marneux)	35% / 45% linéaire linéaire 43%	0,4 à 2,5 % rapide (7%) puis pelier	25 % /	compression = 0,34 fraction = 0,23	0,37 0,31
NAGULHES (Grenite)	19,5% (Echantillon isotrope)	0,05 à 0,6 %	6 % (Echantillon isotrope)	compression = 0,21 fraction = 0,21	0,20 0,27

Tableau I



Variation de la résistance à la compression par rapport à la résistance initiale en fonction du temps d'immersion dans l'eau à 10 bars



Variation de la résistance à la traction Brésilienne par rapport à la résistance initiale en fonction du temps d'immersion dans l'eau à 10 bars

fig 72.

bien mis en lumière à Monteynard où la chute de résistance à la compression d'une série d'échantillons mis sous pression à 40 bars est la même - 7 à 10% au bout de quatre jours - que celle d'une autre série immergée à 10 bars. Or, cette dernière série au bout de l'expérience (22 jours) a enregistré une chute totale de 38%.

Au chapitre B.II.3. (lames minces colorées), nous verrons que ces cycles d'humidification et de dessiccation se sont traduits, en deux ans, par une augmentation très notable des microdiscontinuités sans toutefois amener la dissociation des échantillons.

De son côté, COLBACK (1964) donne pour des argilites quartziteuses, une chute de 50% ; mais il s'agit d'une chute de résistance par rapport à un échantillon sec (0% d'eau), alors que nous avons toujours une faible teneur en eau pour les échantillons de départ.

Les chutes moyennes de résistance à la compression sont classées ci-après par ordre décroissant :

Argilite	(Salagou)	45,5%	teneur en eau finale	5%
Calcaire marneux	(Monteynard)	43%	" " "	2,5%
Serpentinite	(Yaté)	36%	" " "	1,1%
Micaschiste	(St-Chamond)	35,5%	" " "	3,2%
Gneiss	(Malpasset)	23%	" " "	5%
Granite	(Naguilhes)	15,5%	" " "	0,8%
Gneiss	(Grandval)	15%	" " "	1,8%
Granite	(Kyle)	0%	" " "	0,17%
Gneiss migmatite	(Bangala)	0%	" " "	0,18%

Elles s'échelonnent de 0 à 45%. En général, les fortes teneurs en eau correspondent aux fortes chutes.

L'influence de l'anisotropie de l'échantillon est bien visible (voir les courbes) : si l'effort est oblique par rapport aux plans d'anisotropie (foliation ou sédimentation) la résistance est de 1.3 à 6 fois plus faible que si l'effort est dans le plan d'anisotropie.

1.412. Résistances à la traction brésilienne

L'examen des variations de résistance à la traction en fonction de la présence d'eau est plus complexe, car dans les essais faits avec la méthode brésilienne peuvent se développer des pressions interstitielles positives. On remarquera tout d'abord que pour les échantillons de Yaté et Grandval, la résistance à la traction augmente. En particulier pour la serpentinite de Yaté, cette augmentation est phénoménale : 450%.

Ce phénomène nous paraît très difficilement explicable ; l'antigorite, qui compose la majeure partie de la roche est une phyllite lamellaire formant des échantillons tenaces à cassure conchoïdale ; peut-être l'eau sous pression, dans ce volume extrêmement compact, a-t-elle tendance à se fixer dans chaque phyllite, l'ensemble résistant considérablement mieux à une traction qu'à un glissement. Il peut donc y avoir chute de résistance à la compression et augmentation de résistance à la traction.

Dans les autres cas, il y a chute de 8% à 43%, suivant le classement ci-dessous :

Gneiss	(Malpasset)	43%	teneur en eau	5%
Argilite	(Salagou)	36%	" " "	5%
Calcaire marneux	(Monteynard)	25%	" " "	2,5%
Gneiss	(Bangala)	15%	" " "	0,18%
Granite	(Kyle)	11%	" " "	0,17%
Granite	(Naguilhes)	8%	" " "	0,8%

1.413. Dispersion des résultats

Nous avons, à partir de mesures élémentaires, calculé l'écart type σ (écart quadratique moyen) et le coefficient de variation $\frac{\sigma}{\bar{X}}$, \bar{X} étant la moyenne arithmétique.

Les classements par valeurs croissantes du coefficient de variation sont les suivants :

Coefficient de variation	Compression à sec	Compression à saturation	Traction à sec	Traction à saturation
0.07			Grandval	
0.10	Bangala, Yaté	Malpasset		
0.11		Kyle		
0.12	Malpasset	Bangala		
0.14	Grandval			
0.15				Kyle
0.16	Kyle			
0.17		Grandval		
0.18			Kyle	Bangala
0.19			Bangala	Grandval
0.20		Naguilhes		
0.21	Naguilhes		Naguilhes	
0.22	St-Chamond, Salagou		Malpasset Monteynard, Tachien	
0.23				Yaté
0.24			Yaté	
0.25				Naguilhes
0.27		Yaté		
0.28		St-Chamond		
0.29	Tachien			Monteynard
0.31				Malpasset
0.33		Salagou		
0.34	Monteynard			
0.37		Monteynard		
0.47				Salagou
0.50			Salagou	

On constate que la dispersion a tendance à augmenter, en général, avec la saturation. Nous avons comparé les valeurs obtenues pour les coefficients de variation avec le nombre de microdiscontinuités mesuré sous le microscope à partir de lames colorées taillées dans des échantillons témoins. Une excellente corrélation existe pour les échantillons humides essayés en traction brésilienne. L'influence de la structure de la matrice rocheuse est ainsi clairement mise en évidence par les mesures de dispersion.

1.5. Cas particulier des brèches de Malpasset

Outre l'étude des caractéristiques mécaniques d'une matrice rocheuse, nous avons fait des expériences sur des échantillons de brèches prélevés dans des zones singulières du site de Malpasset.

Les prélèvements ont eu lieu dans différents remplissages de failles du site ; nous avons choisi des brèches à éléments relativement fins, de l'ordre du demi-centimètre. Alors que dans le cas d'écrasement de roche, on peut faire procéder à la taille de cubes ou de cylindres, dans celui de roches broyées, cela devient impossible. Des échantillons de forme très grossièrement parallélépipédique, ont alors été taillés à la pointe du marteau, puis les faces extrêmes ont été surfacées. La section moyenne de ces blocs étant assez irrégulière, nous avons estimé sa surface à l'aide de 2 morceaux de fil de plomb plastique, épousant les irrégularités du bloc.

Une série d'une quinzaine d'échantillons a été essayée à sec en compression simple. Les résistances se sont échelonnées entre 20 et 80 bars, la moyenne arithmétique étant de 40 bars.

Une autre quinzaine de blocs ont été immergés dans de l'eau sans pression : 10 se sont désagrégés spontanément et n'ont pu être essayés, les 5 autres ont été mis sous la presse et se sont désagrégés immédiatement sans que l'on puisse enregistrer de montée en pression.

Les parties fines recueillies par sédimentation dans l'eau et analysées, ont donné la composition suivante : 70 à 80 % de phyllites micacées altérées du type muscovite - séricite, le reste étant constitué de quartz, chlorite et kaolinite.

Le phénomène significatif, à savoir la chute de résistance à la compression simple, est nettement mis en évidence. Il est certain que, sur le site, les zones bréchiques sont confinées dans la masse rocheuse, mais leur comportement singulier en compression simple attire déjà l'attention du géologue. L'étude de leur quantité et de leur répartition sur le site devient primordiale : on aborde ainsi la question de la structure du site. L'étude mécanique des remplissages forme un chapitre connu de la mécanique des sols que nous ne pouvons pas aborder dans ce travail, mais qu'il est indispensable de signaler.

1.6. Conclusion

Nous avons, par une série d'expériences et d'observations normalisées, essayé de montrer que les écrasements d'échantillons pouvaient permettre non pas d'obtenir une valeur chiffrée de résistance, mais d'aider l'ingénieur dans son effort pour trouver un classement des roches entre elles et mettre en évidence l'influence d'un facteur particulier.

Nous pouvons retenir les traits dominants suivants :

- Les chutes de résistance à la compression intéressent surtout les matériaux du type argilite ou calcaire marneux : elles n'excèdent pas 50 %. Elles sont très faibles pour des matériaux grenus, et moyennes pour les matériaux foliés (gneiss), y compris le gneiss de Malpasset (23 %).
- Les variations de résistance à la traction sont plus étendues. On constate, soit des augmentations de résistance avec l'eau (serpentinite), soit de grandes chutes (gneiss fibreux ou argilite) qui correspondent à des teneurs en eau importantes et à une certaine anisotropie.
- Les dispersions, particulièrement celles des essais brésiliens, mettent en évidence l'influence de la structure de l'échantillon. Elles sont faibles pour les granites et gneiss massifs dont les cristaux n'excédaient pas deux millimètres et, deviennent de plus en plus grandes au fur et à mesure qu'apparaissent microdiscontinuités et anisotropie.

Le nombre réduit d'échantillons disponibles n'a pas toujours permis d'attendre la stabilisation des résistances avec le temps ; néanmoins, l'introduction d'eau dans une roche n'a pas fait apparaître de phénomènes significatifs, en ce sens que la chute de résistance est toujours limitée et que les roches ne se classent pas toujours,

quant à cet effet, dans l'ordre suggéré par l'ensemble des autres observations.

Par contre, l'écrasement de matériaux particuliers prélevés dans des remplissages de failles a révélé une chute de résistance considérable mettant ainsi en relief, à une autre échelle, l'action des discontinuités d'un milieu rocheux.

2. Essais divers

Dans le cadre de l'étude consacrée aux échantillons rocheux, nous avons essayé dès 1961 de trouver, à l'aide d'expériences préliminaires, des directions éventuelles pour des recherches plus poussées.

Nous avons vu, au cours du précédent paragraphe, que l'influence de l'eau introduite dans un échantillon de roche n'était pas complètement mise en lumière par des essais de résistances à la compression et à la traction avant et après percolation.

Nous avons alors abordé l'étude, en fonction de divers modes d'humidification, des déformations et des perméabilités de blocs rocheux provenant d'un massif où la nature elle-même s'était chargée de nous instruire : le site du barrage de Malpasset.

2.1. Déformations de blocs mis sous pression d'eau

2.1.1.

Cette série d'expériences a été effectuée avec des blocs de gneiss de Malpasset, (prélevés en bas de la rive gauche, 20 m à l'aval du barrage) et des blocs de calcaire comblanchien provenant d'une marbrerie de Saône-et-Loire.

Le gneiss est massif, légèrement fibreux ; sa composition minéralogique est très voisine de celle des cubes étudiés au paragraphe précédent.

Le calcaire, très massif, exempt de fissures sert de roche témoin.

L'essai consiste à mettre sous pression hydrostatique les blocs plus ou moins humidifiés et à mesurer leur déformation en fonction de la pression.

Des témoins sonores de mesures de déformation TELEMAT (1965) SB 141 et SB 90, ont été scellés soit directement dans le rocher, soit par l'intermédiaire d'un cadre, pour mesurer des déformations locales ou des déformations totales du rocher (figure 73). La précision relative des témoins sonores est de l'ordre de quelques microns par mètre. Les blocs ainsi préparés ont été ensuite plus ou moins imbibés d'eau, puis revêtus d'un film plastique étanche. Nous avons utilisé, pour ce film, indistinctement trois mélanges :

- du latex passé au pinceau en 15 couches formant une pellicule totale de 9 mm.
- de l'acétobutirrate posé à chaud au pinceau en 1 fois,
- du silatène mis en place au pinceau en 5 couches.

Les teneurs en eau sont échelonnées entre 0,6 % et 2,2 %. L'humidification a eu lieu après mise sous vide - 4 mm de mercure - pendant 2 heures.

Les blocs, suspendus ou posés sur un cadre métallique (figure 73), sont mis en pression dans une cuve placée dans une enceinte isolée dont la température est maintenue à 20° à + ou - 1°. La mise en charge s'est faite par paliers de 5 bars jusqu'à 50 bars. Les courbes de la figure 74 montrent l'allure des déformations obtenues au cours d'un des cycles de charge et de décharge. Les échantillons sont maintenus à la pression des paliers le temps de la lecture (quelques minutes).



Couteau

Témoins de mesure de déformation.

Telemac SB 141

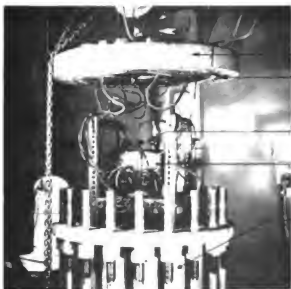
Bloc de gneiss de 55 kg

Témoins de mesure de déformation.

Telemac SB 90 scelle dans le racher.

Barre fixe scellée dans racher.

DETAIL D'UN BLOC



Couvercle

Joint torique

Témoins de déformation

Bloc de comblanchien calcaire

Cuve

MISE EN PLACE D'UN BLOC DANS LA CUVE



Portique de manoeuvre

Mante charge

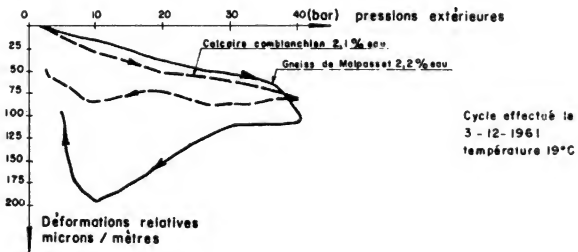
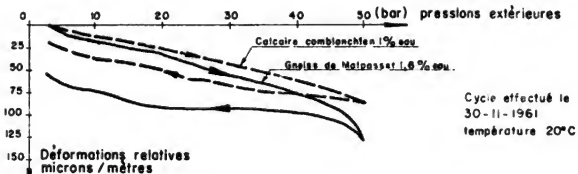
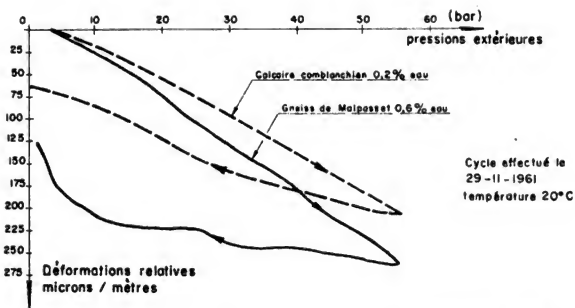
Tête des cuves

Pompe a vide

Etuves entourant les
2 cuves de mise en
pression

SYSTEME DE CLIMATISATION ET POMPE A VIDE

fig 73.



MISE EN COMPRESSION HYDROSTATIQUE
DE GNEISS ET DE CALCAIRES

2. 12. Résultats

D'une manière générale, les courbes sont sensiblement linéaires pour les teneurs en eau faibles ; et deviennent beaucoup plus irrégulières au fur et à mesure de l'augmentation de la teneur en eau. Toutefois, la comparaison avec les courbes obtenues avec les blocs de Comblanchien montre que des irrégularités s'y retrouvent également.

Les variations de longueurs d'une face du bloc peuvent, si on considère le milieu comme homogène et isotrope, donner une idée du module d'élasticité.

$$-\frac{\Delta V}{V} = \frac{p}{E} \text{ volumétrique}$$

$$\text{ou } E \text{ volumétrique} = \frac{3E}{1-2\nu}$$

dans lequel ν est le coefficient de Poisson et p la pression

$$\frac{\Delta V}{V} = 3 \frac{\Delta J}{J} = \frac{3p}{E} (1-2\nu)$$

d'où :

$$E = \frac{p(1-2\nu)}{\frac{\Delta J}{J}}$$

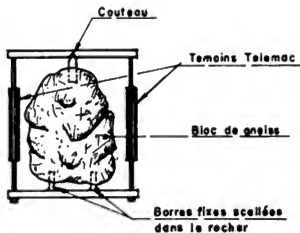
Si l'on admet un coefficient de Poisson de 0,25 pour le gneiss, le calcul des modules élastiques donne, pour une teneur en eau de 0,6 %, des résultats de 30 000 à 60 000 bars, et pour une teneur en eau de 1,6 % de 60 000 à 100 000 bars ; cette compression hydrostatique semble donner des résultats différents de ceux trouvés lors des essais de compression mono-axiale dans lesquels les coefficients d'élasticité, ainsi que ceux de résistances à la compression, diminuent quand augmente la teneur en eau.

De très nombreuses séries d'expériences ont été faites, suivant le même principe, avec des teneurs en eau différentes et des blocs provenant de prélèvements différents, chaque fois comparés avec les déformations d'un bloc de calcaire Comblanchien. Dans tous les cas, on a trouvé des modules d'élasticité relativement élevés, et aucune anomalie significative n'a été révélée après introduction d'eau.

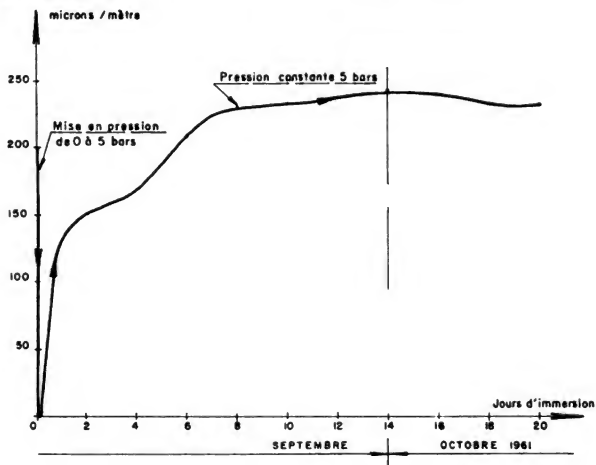
Afin de voir quelle était l'influence du temps pendant la pénétration de l'eau dans le bloc, nous avons utilisé le même montage, mais sans enveloppe caoutchoutée. Nous avons mesuré les déformations d'un bloc de gneiss du site de Malpasset, provenant des déblais de la petite caveme excavée dans la surface amont rive gauche, à la cote 65. Le graphique de la figure 75 montre quelles ont été les déformations enregistrées, d'abord à la mise en pression immédiate de 0 à 5 bars après la mise sous vide, puis le gonflement à une pression constante de 5 bars. Celui-ci très rapide le premier jour s'atténue pour devenir nul au bout du 12^e jour.

Dans la première phase, on comprime le squelette de la roche, puis l'eau pénètre dans les microdiscontinuités en ramenant l'échantillon à sa forme initiale. On peut toutefois noter un faible gonflement résiduel d'environ 0,004 % qui est parfaitement négligeable.

Ici encore, dans cette expérience, rien de particulièrement anormal n'a pu être constaté sur l'échantillon rocheux analysé.



Moyenne des déformations relatives
des témoins Telemac.



DÉFORMATIONS D'UN BLOC DE GNEISS DE MALPASSET
APRÈS MISE EN EAU SOUS PRESSION A 5 BARS

fig 75.

2.2. Essais de percolation

2.21.

Les expériences décrites ci-dessus n'ayant montré aucune caractéristique anormale, nous avons essayé de faire agir l'eau d'une manière différente au cours de essais de percolation de deux sortes

- écoulement divergent
- écoulement parallèle

Ces expériences ont été conduites avec des échantillons rocheux d'une dizaine de Kg. provenant des sites de Malpasset, de Saint-Chamond (barrage-voûte construit sur des mica-schistes), de Monteynard (barrage-voûte construit sur des calcaires mameux), de Grandval (barrage-à voûtes multiples construit sur des gneiss). La nature de ces échantillons est tout à fait identique à celle des cubes ayant servi aux expériences d'écrasement.

2.22. Pénétration divergente d'eau sous pression

2.221. Processus de l'essai

Nous avons utilisé des blocs d'une dizaine de kilos percés d'un trou et munis d'un montage (figure 76) permettant d'injecter dans ce trou de l'eau sous pression. Afin de mieux matérialiser le phénomène de percolation, nous avons coloré l'eau en rouge par de l'auramine J à raison de 5 grammes par litre. Les essais ont été conduits de deux façons, soit une montée en pression régulière jusqu'à ce qu'une forme de claquage ait lieu, soit des montées en pression et des stabilisations à une pression constante pour observer les phénomènes de percolation.

2.222. Claquage

Les photos de la figure 76 illustrent les deux types de claquage que nous avons obtenus. Avec le gneiss de Malpasset, le bloc tend à se colorer sans qu'il y ait de claquage et tout le débit de la pompe passe dans de très nombreuses fissures sans désagrégation du bloc. Avec les trois autres roches, au contraire, il y a apparition d'une surface de claquage, le bloc se divise en général immédiatement et l'eau jaillit par l'ouverture. Nous avons obtenu le claquage vers 35 bars pour le mica-schiste de Saint-Chamond, à 25 bars pour le calcaire mameux de Monteynard et à 30 bars pour les gneiss de Grandval ; pour Malpasset, les premières fuites ont eu lieu à 60 bars par quelques plans de foliation privilégiés et la pression maximum obtenue sans éclatement proprement dit a été de 60 à 70 bars.

Les blocs ont été ensuite cassés pour analyser les allures des surfaces de rupture. Sur les blocs de Monteynard et de Saint-Chamond, c'est la foliation ou la sédimentation qui est à l'origine de l'éclatement ; pour les blocs de Grandval, il s'agit d'une diaclase très fermée mais préexistante ; à Malpasset, au contraire, la masse de la roche est imbibée à la faveur de quelques foliations préférentielles et de joints sécanes revêtus d'un petit film blanchâtre à toucher pâteux.

Ces observations conduisent à examiner plus précisément les discontinuités qui semblent régir les réactions de la roche.

2.223. Essais de percolation sans claquage

Le même montage a été employé, mais les pressions ont été limitées à 25 bars et sont restées constantes ; l'eau colorée a également été utilisée.

Au bout de deux heures, les blocs de Malpasset ont commencé à suinter par de petits joints soulignés d'un matériau blanchâtre et des petites surfaces de foliation alors que les autres roches étaient restées étanches.

Essais de percolation centrifuge



L'échantillon, ouvert en deux, montre le trou central dans lequel on injecte l'eau sous pression par l'intermédiaire d'un tube troué comportant deux étanchéités souples.



Percolation à travers un échantillon de gneiss de Malpasset. Les fuites sont diffuses, leur débit faible. Le rocher résiste sans éclater à une pression de l'ordre de 70 bars.



Percolation à travers un échantillon de micaschistes de St. Chamond. Les fuites sont localisées, leur débit important. A 40 bars la roche a éclaté.

Essais de percolation linéaire

Nous avons arrêté l'expérience au bout d'une journée sans avoir mesuré les débits.

Après avoir cassé les échantillons, nous avons constaté que pour Monteynard, deux joints de sédimentation étaient imbibés de colorant, que pour Saint-Chamond, il s'agissait essentiellement d'une série, en forme d'auréole autour du trou, de petites surfaces de foliation ne s'étendant pas à plus de 2 cm, et que pour Grandval, seulement un joint de foliation était coloré. Malpasset a montré un aspect analogue à celui obtenu par éclatement, c'est-à-dire la saturation jusqu'à la surface, de foliations préexistantes et de petits joints soulignés d'un film blanchâtre.

Cette série d'expériences a montré qu'une analyse quantitative de la percolation était nécessaire.

2. 224. Essais de perméabilité

Les échantillons sélectionnés pour cette série d'expériences proviennent essentiellement du site du barrage de Malpasset : blocs rocheux de gneiss tirés de la rive gauche, similaires à ceux essayés par compression sur cubes, et échantillons de brèches et de mylonites provenant des différents accidents du site.

Chaque bloc a été divisé en deux. Dans une partie, des petits échantillons grossièrement cylindriques de 7 cm de haut et de 4 à 5 cm de diamètre ont été taillés ; l'autre partie a été envoyée au Laboratoire de la Faculté des Sciences de Toulouse afin d'être analysée par la méthode de J. FARRAN et B. THENOZ (1965).

Nos échantillons étaient noyés dans des moules métalliques rigides par l'intermédiaire d'araldite (figure 77)

- Essais de percolation linéaire



Figure 77

Rampe de percolation utilisée. Le manomètre des pressions est solidaire de la pompe. Une vanne permet d'isoler chaque pot.

Essais de percolation d'eau à travers des échantillons rocheux.

Ces moules ont été groupés par six dans une rampe et l'injection d'eau a été opérée par l'intermédiaire d'une pompe à pression comportant un levier agissant sur un piston, le levier étant chargé par une série de poids pour obtenir la pression de percolation désirée.

Les pressions d'essais ont été en moyenne d'une cinquantaine de bars ; nous avons opéré des mesures de débit et des mesures d'entraînement de matériaux. Une fois la percolation effectuée, nous avons taillé, dans l'échantillon, des lames minces qui ont été examinées microscopiquement. Nous verrons dans le chapitre suivant, les correspondances faites entre les mesures obtenues pour les débits et l'aspect des discontinuités mis en évidence par la lame.

Les percolations à pression constante ont duré en général de 5 à 12 jours : le mode opératoire a été tel, que seul le débit total a été mesuré ; nous n'avons donc pas de variations de débit en fonction du temps de percolation. Afin d'éviter l'évaporation, le récipient destiné à recueillir l'eau de filtration était rempli d'huile jusqu'à l'extrémité inférieure du moule métallique.

Le tableau ci-dessous indique quelles ont été les perméabilités moyennes obtenues pour les différents types de rocher étudiés par nous-mêmes (B. S.) et par le Laboratoire de Toulouse.

Type des échantillons	Perméabilités (cm/s)	
	B. S. (Formule de Darcy)	Laboratoire de Toulouse
Gneiss fibreux	env. 10^{-5}	10^{-6} à 10^{-7}
Gneiss massif	" 10^{-6}	10^{-6} à 10^{-7}
Gneiss tectonisé	" 10^{-5}	10^{-6} à 10^{-7}
Brèche de la surface aval	" 10^{-2}	(pas d'essais)
Brèche de cisaillement	" 10^{-3}	10^{-3}
Mylonite de la surface amont	" 10^{-6}	(pas d'essais)

Les chiffres que nous avons obtenus sont des chiffres de percolation dans des essais sans contrainte latérale, puisque l'eau introduite par le dessus de l'échantillon, s'échappe librement par le bas et que l'échantillon est noyé dans de l'araldite rigide. Les chiffres donnés par le Laboratoire de Toulouse, pour les mêmes échantillons, sont obtenus par des essais avec étreinte latérale de l'ordre de grandeur de la pression motrice. On voit que les perméabilités de Toulouse sont de 10 à 100 fois plus petites que les résultats que nous avons obtenus, sauf pour les brèches.

C'est là, sans doute, la première manifestation d'un phénomène, la variation de perméabilité sous contrainte, qui devait plus tard se révéler de la plus grande importance. Nous verrons au chapitre suivant que l'étude optique d'une coupe mince de roche, permet d'approcher le problème de la variation de perméabilité en fonction de la contrainte.

Dans les eaux de percolation, nous avons distinctement observé des particules entraînées ; l'analyse minéralogique de ces particules, faite par le Muséum d'Histoire Naturelle de Paris, a montré qu'il s'agissait de paillettes de micas altérés provenant de la filtration de l'eau principalement dans les gneiss fibreux et les brèches. L'analyse chimique des eaux de percolation, faite par le B. R. G. M., a montré des entraînements d'ions calcium, magnésium, sodium et chlore ; cet entraînement étant toujours beaucoup plus important pour les gneiss à apparence fibreuse que pour les gneiss massifs, par unités de volume d'eau filtrée.

2.3. Conclusion

Les déformations de blocs, mesurées en fonction de la teneur en eau et de la contrainte triaxiale à laquelle ils étaient soumis, n'ont pas permis de fournir des critères évidents permettant de juger ou de classer une roche de fondation.

Par contre, l'observation de percolations et de claquages de blocs rocheux met en évidence le rôle prépondérant des discontinuités dans le domaine des perméabilités et de leur variation avec la contrainte.

Dans la suite des travaux du Bureau d'Etude COYNE et BELLIER, on a prêté une importance spéciale à ce phénomène. J. BERNAIX (1966) a étudié l'aspect théorique et expérimental de la perméabilité des roches sur échantillons, alors que de notre côté, dans le cadre d'une activité plus géologique, nous avons cherché à déterminer à l'aide de lames minces de roche, un ordre de grandeur du phénomène.

Les observations que nous avons réunies sont commentées dans le chapitre suivant.

3. Lames minces colorées

3.1. Généralités

Les lames minces taillées dans un échantillon rocheux ont toujours servi, depuis la mise au point du microscope polarisant, à l'étude pétrographique des roches dans les laboratoires de géologie. Leur application en matière de Génie Civil est d'une date beaucoup plus récente (MIELENZ - 1959, U.S.B.R. - 1959). Le système de coloration sous vide mentionné par CAPEDECOME, FARRAN et ORLIAC (1951) en est un perfectionnement important.

L'intérêt de la coloration d'une plaque mince, coloration qui devra être effectuée avant toute taille, est de révéler l'existence de microdiscontinuités qui pré-existent avant toute opération mécanique et de rendre possible l'observation directe de leur disposition, orientation et ramification. Autrement dit, le colorant révèle le mode de cheminement que pourra avoir l'eau dans la roche. L'observation d'une section colorée montre instantanément l'état de cohésion des cristaux entre eux dans le cas d'une roche cristalline ou de cimentation dans le cas de certaines roches sédimentaires. Une application importante de ce dernier cas est l'étude des liaisons mortier-sable-agrégats dans le cas de béton (BELLIER et SCHNEIDER - 1963).

3.2. Préparation des lames et choix du colorant

3.21. Fabrication de la lame

L'échantillon à traiter est plongé pendant un certain temps dans un bain contenant une solution alcoolisée colorée (nous étudierons ces colorants dans le paragraphe suivant). Une face est ensuite sciée, meulée et collée sur une plaque de verre elle-même meulée. Cet ensemble est alors soumis au vide, puis immergé à nouveau dans le même colorant qu'à la première imprégnation. L'expérience nous a montré que pour des roches telles que gneiss, schiste, grès ou granite, la première immersion était suffisante et nous ne pratiquons la mise sous vide que pour les calcaires compacts. La surface libre de l'écaillage rocheuse est ensuite polie pour que l'épaisseur de roche résiduelle soit de 0,03 mm. Les collages, ou les consolidations en cas de matériau friable, sont faits au baume de Canada qui est lui-même coloré avec le même colorant que celui servant à la coloration principale. La dimension d'une plaque peut atteindre 6 x 6 cm.

Un agrandissement photographique fait directement à partir de la lame, prise comme pellicule, permet d'obtenir un cliché de la plaque mince : on peut ainsi y étudier à loisir les structures et conserver de la sorte un document plus aisément maniable que la plaque elle-même. Ce sont ces documents qui illustrent notre travail.

COMPORTEMENT DES DIVERS COLORANTS

N°	Nom	Couleur	Cote	FIELD (PATE) ALTAIR 1	
				Impregnation des fibres (observé sur plaques E)	Effet révélateur des fibres (observé sur plaques F)
1	Bleu Victoria 604 extra	X	Bleu	très satisfaisant	très bon révélateur
2	brun Neger basique NTA		brun	insatisfaisant	mauvais
3	Pucelette 416		Lila	très satisfaisant	très bon
4	bleu anilique 1A		bleu	insatisfaisant	très mauvais (et mal avec 2500 1000 colorants)
	bleu anilique 2A	X	bleu	satisfaisant	très bon
	bleu anilique 3A	X	bleu	très satisfaisant	très bon
	bleu anilique 4A	X	bleu	très satisfaisant	très bon
	bleu anilique 5A	X	bleu	très satisfaisant	très bon
	bleu anilique 6A	X	bleu	très satisfaisant	très bon
	bleu anilique 7A	X	bleu	très satisfaisant	très bon
	bleu anilique 8A	X	bleu	très satisfaisant	très bon
	bleu anilique 9A	X	bleu	très satisfaisant	très bon
5	bleu de Paris 604 extra		bleu	très satisfaisant	très bon

Appréciation	
1	- Résultats satisfaisants comme révélateur de fibres. Comportement moyen pour les feldspathes et les mica.
2	- Le faible contraste de ce colorant fait qu'il est à déconseiller.
3	- Résultats satisfaisants comme révélateur de fibres. Assez médiocre par ailleurs.
4	- Colorant à déconseiller à cause de son faible contraste et de ses caractéristiques médiocres.
5	- Très bon révélateur de fibres. - Résultats intéressants pour les feldspathes et mica bien qu'ils oblitèrent les structures.
6	- Très bon révélateur de fibres. - Résultats intéressants pour les feldspathes & mica.
7	- Très bon pour révéler les altérations feldspathiques. Résultats intéressants pour les mica. Il faudrait préférer un essai pour voir son action sur les fibres.
8	- Colorant assez médiocre à déconseiller en outre à cause de son faible contraste.
9	- Colorant à déconseiller à cause de ses caractéristiques médiocres.

3.22. Recherche des colorants

Nous avons cherché des colorants vrais usuels, facilement mis en œuvre, stables, permettant de montrer toutes les microdiscontinuités ouvertes dans la roche et se fixant sur les zones altérées de certains minéraux courants : feldspaths et ferromagnésiens. La détermination des colorants a été faite par l'observation de très nombreuses lames taillées dans des échantillons particulièrement riches en altérations et traités par toute une série de colorants.

Nous avons ainsi retenu :

- la fushine ASA (basique), le bleu victoria (basique) et l'auramine J (acide) pour la mise en évidence des microdiscontinuités,
- la rhodamine BSA (basique) et le vert brillant SA (acide) pour la coloration des altérations des feldspaths,
- la turquoise morylène ISA (acide) pour la coloration des altérations des amphiboles.

Ces colorants se fixent mieux sur des minéraux à tendance soit acide, soit basique. Nous les choisissons donc en fonction de la composition pétrographique des échantillons.

3.3. Etude des microdiscontinuités

L'analyse de plus de 350 lames, taillées dans des échantillons provenant de sites de barrages en cours d'étude, permet de classer les microdiscontinuités comme suit :

a) - Pas de microdiscontinuités

La plaque est exempte de toute coloration (figure 78)

b) - Présence de microdiscontinuités

Microdiscontinuités filiformes

- lignes sécantes par rapport à la structure principale de la roche (figure 79)
- lignes suivant la structure prédominante de la roche (figure 80)
- lignes dans toutes les directions (figure 81)
- lignes entourant les cristaux (figure 82)

Microdiscontinuités en forme de taches

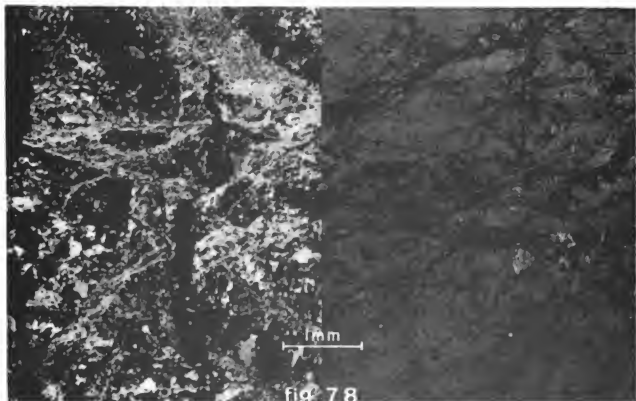
- taches dans les ciments (figure 83)
- taches dans les grands cristaux (figure 84)

Il est intéressant d'examiner en détail, le cas du site de Malpasset. Nous avons donné dans la figure 81 un aspect moyen du rocher du site. L'étude complète a été faite à partir de 91 lames colorées taillées dans des échantillons répartis sur tout le site. Nous avons vu dans le chapitre A.1.1, relatif à la description du site, qu'il y avait lieu de distinguer plusieurs types de roches ; chacune d'elles est caractérisée par sa structure. On a ainsi distingué un gneiss à répartition uniforme des éléments, un gneiss ocellé, un gneiss folié (parfois simplement linéaire) et un gneiss à mica blanc.

La présence de microdiscontinuités est fonction de ces structures classées ci-dessous par ordre croissant de division :

- gneiss folié
- gneiss à répartition uniforme
- gneiss à mica blanc
- gneiss ocellé

Les trois premiers types montrent plus de discontinuités que le quatrième, mais tous ont le même caractère : division en tous sens.



Lumière Polarisée

x20

Lumière naturelle

Gneiss de la Gittaz

Roche ne comprenant pas de microfissure

Nature de la roche: Gneiss broyé laissant apparaître quelques résidus sains

Composition:

Quartz en gros cristaux (extinction roulante)
 Feldspaths - orthose en gros cristaux
 - plagioclases en microcristaux
 séricitisés
 Biotite - sous forme de petits vestiges en
 cours de chloritisation
 Muscovite - très nombreuse
 Séricite - à l'état primaire dans les zones
 microcristallines
 Epidote et oxydes opaques

Microfissuration:

Bien que parcourue de nombreuses veines recristallisées qui témoignent d'efforts tectoniques intenses, la plaque ne montre aucune foliation:



Lumière polarisée

x20

Lumière naturelle

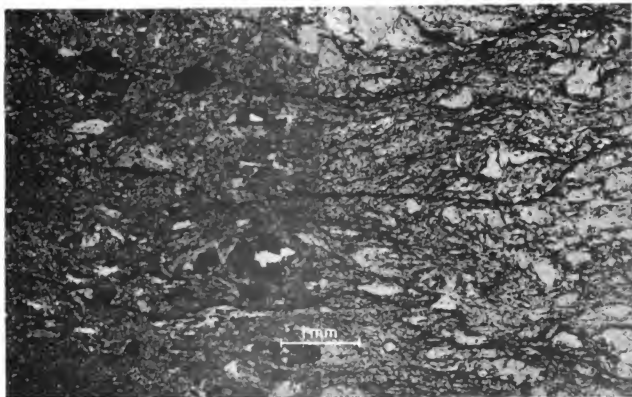
Gneiss de Saint Jean du Gard

Type de roche avec microouvertures sécantes par rapport à la direction de la structure principale

Nature de la roche: gneiss

Composition: - orthose en gros cristaux craquelés
 - plagioclases sains
 Ces minéraux blancs sont groupés en lits ou en noyaux allongés
 - biotite presque complètement chloritisée
 - muscovite en cristaux déchiquetés mais sains
 - séricite, zoïzite en microcristaux
 Les minéraux noirs forment des lits très colorés en L.N.

Microfissuration: Quelques lignes ténues (1 à 3 microns) traversent les gros cristaux d'orthose et coupent les lits d'éléments noirs. Quelques-unes seulement des microfissures traversent toute la plaque.



Lumière polarisée

x20

Lumière naturelle

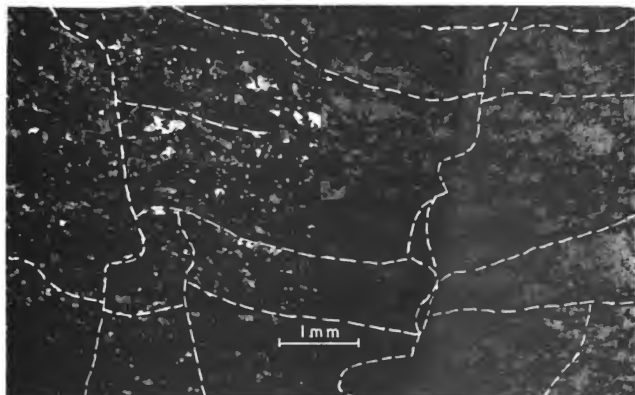
Gneiss de Saint-Cassien

Roche avec microouvertures alignées suivant la structure prédominante

Nature de l'échantillon: Gneiss ocellé très tectonisé

Composition: - Feldspaths plagioclases en gros cristaux parfois déchiquetés
- Pâte de - quartz
 plagioclase
 séricite
 épidote
 zoïzite
 en petits cristaux noyant les gros cristaux de feldspaths

Microfissuration: la coloration suit des litages microcristallins enrobant les feldspaths. Les 3 lignes sont continues et ont une épaisseur moyenne de 1 à 3 microns



Lumière polarisée

x20

Lumière naturelle

Gneiss de Malpasset

Type de roche avec microouvertures alignées suivant différentes directions

Nature de la roche: gneiss très tectonisé

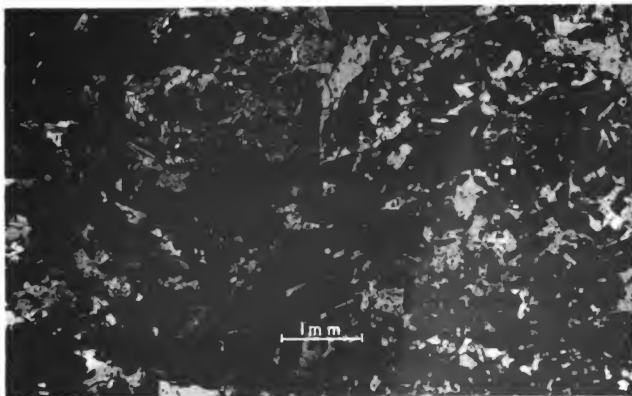
Composition: - Quartz peu fréquent (extinction roulante, inclusions)

- feldspaths plagioclases: oligoclase
- microcristaux de micas (biotite, muscovite) presque complètement altérés, groupés en petits lits irréguliers
- chlorite, séricite cryptocristallines associées à une pâte d'éléments argileux
- calcite secondaire

Microfissuration: la coloration souligne

- les lits d'éléments phylliteux
- les discontinuités transversales qui coupent et parfois décalent les alignements précédents

Ces lignes sont continues sur toute la surface de la lame mince.



Lumière polarisée

x20

Lumière naturelle

Gneiss de Kariba

Type de roche avec microouvertures entourant les cristaux

Nature de la roche: gneiss ayant subi de gros efforts tectoniques

Composition:

- hornblende verte (35%) en larges cristaux peu altérés
- biotite 30% en grands cristaux peu altérés mais dont les fibres ont éclaté et sont recimentées
- chlorite rare mais bien individualisée
- plagioclase (10 à 15%) en cours de damouritisation
- quartz (15%) automorphe ou à l'état cataclastique fin
- oxydes opaques

Microfissuration: les surfaces de contact entre cristaux sont souvent cimentées par un mélange de quartz et de feldspaths finement broyés colorés par des oxydes, mais de nombreux contacts sont ouverts. Notons que le colorant ne pénètre jamais dans les cristaux.



Lumière polarisée

x20

Lumière naturelle

Gneiss de Bangala

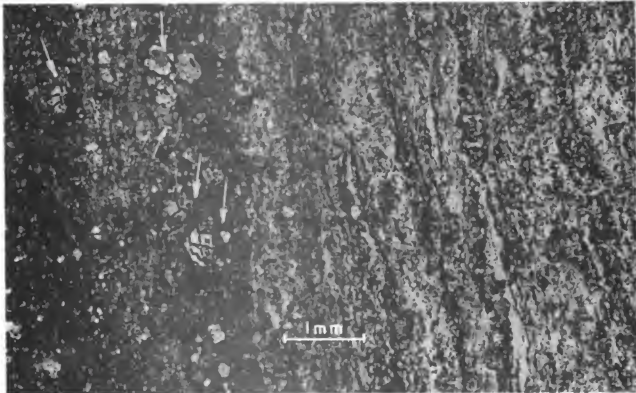
Roche avec microouvertures concentrées dans des zones microcristallines

Nature de la roche: gneiss microgrenu très migmatisé

Composition: quartz en petits cristaux (60%) indentés les uns dans les autres

- feldspaths orthose craquelé mais sain
microcline
plagioclases rares
- biotite saine en très petites lamelles groupées
- andalousite-en gros cristaux associés à de la magnétite

Microouvertures: Le colorant souligne faiblement de petits amas microcristallins où la biotite domine. Apparence de petites éponges. Les taches ne sont pas en relation les unes avec les autres.



Lumière polarisée

x20

Lumière naturelle

Calcschistes de Kardjali

Roche avec microouvertures concentrées dans les gros cristaux

Nature de la roche: calcschiste

Composition:

- quartz microcristallin
- plagioclases calciques
- micas (biotite, muscovite) moyennement altérés
- trémolite, actinote en cristaux allongés
- augite automorphe
- chlorite cryptocristalline
- calcite constituant la trame de fond
- epidote, grenat

Microouvertures: le colorant pénètre la trame des gros cristaux ferromagnésiens, en soulignant les clivages. Des zones colorées ne sont pas reliées entre elles.

Nous avons vu au chapitre B.1. que l'examen de la microstructure était un élément important intervenant dans le classement des sites. Nous pensons qu'il est indispensable, non seulement de caractériser l'intensité des microdivisions comme nous l'avons fait dans les graphiques d'écartements, mais aussi, au cours de l'étude de détails, de définir les types de structure. Nous allons voir en particulier qu'ils interviennent dans l'étude de certaines propriétés physiques.

3. 4. Relation entre microdiscontinuités, perméabilité et porosité

Dans le chapitre précédent relatif aux essais sur échantillons, nous avons décrit des expériences de percolation d'eau à travers des roches.

Ces expériences sont en général longues, demandent un matériel important et surtout prennent beaucoup de temps. Nous avons essayé de trouver une méthode donnant, rapidement et à peu de frais, un ordre de grandeur de la perméabilité et de la porosité d'un échantillon donné. Les expériences de percolation sont normalement exécutées sur des échantillons de quelques dizaines de cm³ ; tout récemment, ces expériences se sont faites avec des échantillons d'un volume maximal de 100 à 200 cm³ : on conçoit donc qu'une lame mince de 5 x 5 cm soit encore bien représentative d'un échantillon utilisé pour la percolation.

3. 4.1 Observations de lames minces variées

Nous avons fait trois séries d'examen :

a) - Gneiss de Malpasset

Nous avons taillé des lames colorées à l'auramine I dans tous les échantillons soumis à la percolation décrite au paragraphe 2. 23.

b) - Echantillons communiqués par la S. N. P. A.

Les laboratoires des sociétés de recherches de pétrole sont parfaitement équipés pour mesurer les perméabilités et les porosités des roches. Nous avons gracieusement reçu des laboratoires de la S. N. P. A., des petits échantillons de 1,8 cm de diamètre et 2,4 cm de longueur, sur lesquels perméabilité et porosité avaient été mesurées. Les perméabilités ont été obtenues avec le perméamètre I. F. P. 49 (HOTIPEURT - 1951), les porosités par la méthode dite à gaz : l'échantillon est saturé par de l'azote à 150 bars après plusieurs cycles de mise sous vide, mise en pression ; puis le gaz éminagé dans la roche est détendu dans des bouteilles vides dont on mesure la pression après que l'équilibre soit atteint ; la précision relative est de l'ordre de un pour cent.

c) - Echantillons de roches variées

J. BERNAIX (1966) a mesuré sur de très nombreux échantillons, les perméabilités sous contraintes ; il en tire une perméabilité K_0 à pression nulle et un coefficient de variation de perméabilité S égal au rapport des valeurs des perméabilités obtenues pour des pressions de confinement de -1 et 50 bars. Nous avons examiné 32 de ces échantillons, colorés successivement dans un bain alcoolisé de turquoise morylène à 5 g par litre puis dans un autre bain alcoolisé de rhodamine B S. A. également à 5 g par litre ; chaque coloration a duré 5 jours, suivis de 3 jours de séchage forcé. Les lames ont été taillées dans le plan où se faisait l'écoulement de percolation (radial en général).

Le tableau ci-après résume les observations effectuées sur les trois séries d'échantillons

Echantillons, provenance	Aspect des microdiscontinuités	Résultats de J K* cm/s
Granite de Senones	Quelques très fines lignes fugitives dans les chlorites et au pourtour des feldspaths.	1.15 10 ⁻¹⁰
Granite de Huelgoat	Quelques lignes fines dans des craquelures de feldspaths. Pas de continuités et directions quelconques.	2.3 10 ⁻⁷
Granite de St-Germain de Modéon	Lignes dans les craquelures de feldspaths et taches dans les zones séricitisées.	5. 1
Granite de Breese	Taches dans les micas et surtout à leur pourtour. Pas de lignes fines.	1.7
Granite de Cap de Long	Petites lignes entrecroisées dans les craquelures des feldspaths, non continues et très fines.	
Granite de Flamanville	Quelques très rares craquelures colorées dans les feldspaths.	
Granite de Forge	Quelques pointes d'altération séricitieuses soulignées épisodiquement.	
Gneiss de Malpasset Rive gauche	Imprégnation des lits micacés ; 3 microdiscontinuités (ouverture $\approx 5 \mu$) sécantes et continues.	
Gneiss de Malpasset Rive droite	Taches dans quelques micas. 1 microdiscontinuité cimentée d'oxyde.	
Gneiss de St-Cassien, sain	Taches dans les altérations très concentrées. Pas de lignes.	
Gneiss de St-Cassien, moyennement altéré	Taches allongées soulignant les remplissages oxydés dus à l'altération de micas et imprégnant quelques micas sains.	
Gneiss de St-Cassien, très altéré	Taches allongées soulignant les oxydations des micas	
Gneiss de St-Jean du Gard	Plaque sans coloration.	
Micaschiste de Tignes	Taches dans des mouchetures de zoïse	

Echantillons, provenance	Aspect des microdiscontinuités	Résultats de J. BERNAIX	
		K = cm/s	S = $\frac{K-1}{K 50}$
Schiste de Rassisse	Imprégnation diffuse des lits microcristallins	10^{-7}	5
Schiste métamorphique du Mont-Cenis	Très petites taches soulignant les petits amas phylliteux (10 microns)	10^{-10}	1.3
Schiste métamorphique du Mont-Cenis	Imprégnation de zoïsite et d'oxydes opaques en lits. Pas de lignes.	$5 \cdot 10^{-8}$	10
Schiste métamorphique du Mont-Cenis	Rares imprégnations de zones oxydées et phylliteuses.	10^{-10}	4.5
Ophite de Saillies de Salat	Plaque sans coloration.	$< 10^{-13}$	---
Porphyroïde de Genis	Quelques phénocristaux de feldspath imprégnés en masses et quelques colorations extrêmement fines et diffuses dans le ciment.	10^{-11}	1
Ryolite porphyroïde de Corbigny	Microtaches dans le ciment	$< 10^{-13}$	1
Andésite de Volvic	Imprégnation diffuse dans le ciment.	10^{-5}	1
Quartzite de Tignes	Coloration de lignes extrêmement fines (0.01 μ) soulignant les cristaux et quelques craquelures.	$2 \cdot 10^{-10}$	1.6
Calcaire d'Euville (détritique)	Imprégnation générale.	$2 \cdot 10^{-5}$	1
Calcaire de Vilette (structure macrogranulaire)	Quelques rares lignes au contact de deux cristaux.	10^{-11}	1
Calcaire de St-Maximin (détritique à millioles)	Forte imprégnation du ciment.	10^{-4}	1
Calcaire de St-Vaast (détritique à millioles)	Très faible imprégnation du ciment.	10^{-8}	1
Calcaire de Hauteville (détritique)	Très fines fissures stylolitiques cimentées, mais colorées au contact du remplissage (épaisseur moins de 1 micron).	$6 \cdot 10^{-10}$	1.2
Calcaire de Marquise (détritique)	Pas de coloration même dans les fissures cimentées de calcite sillonnant la plaque.	$5 \cdot 10^{-11}$	1.5
Calcaire détritique à grain ultra fin	Imprégnation de fissures stylolitiques incomplètement cimentées.	10^{-7}	26
Grès du Liban	Imprégnation massive.	10^{-4}	
Grès du Cap Fréhel	Taches épaisses sur des grains opaques.	$2.5 \cdot 10^{-10}$	

Deux remarques peuvent être faites :

1 - Les variations de perméabilité sont influencées par les zones d'altération et par les microdiscontinuités ouvertes. Il faut également noter que des variations faibles ont été également mesurées dans le cas de matériaux étanches, là où cependant existaient des fissures cimentées qui s'ouvraient en traction.

2 - La perméabilité est plus sensible à l'épaisseur des fissures qu'à leur nombre. On peut faire la vérification théorique des valeurs trouvées en employant la formule d'écoulement laminaire parallèle dans une fissure d'épaisseur constante :

$$K = \frac{\rho}{12\mu} \cdot \frac{c^3}{a} \quad \text{où}$$

K est la perméabilité équivalente à celle d'un milieu poreux.

ρ est le poids spécifique du fluide.

μ est la viscosité du fluide

c est l'épaisseur libre de la fissure

a est la distance entre fissures.

Avec de l'eau à 20°, une fissure tous les 5 cm, - c'est-à-dire une par plaque - et une épaisseur de l'ordre de 7 μ , on trouve :

$$K = 0,6 \cdot 10^{-6} \text{ cm/s, chiffre conforme à celui trouvé par l'expérience.}$$

Dans le cas de cette étude consacrée à la mise en lumière de phénomènes particuliers et à l'appréciation d'ordres de grandeur, nous pensons que l'on peut utiliser la formule proposée pour un calcul approché de la perméabilité d'un échantillon avec \underline{c} tiré de l'étude statistique des épaisseurs et, \underline{a} tiré des graphiques d'écartements obtenus à partir de l'observation de lames minces colorées.

3.43.

La perméabilité d'un échantillon ne montrant que l'imprégnation d'une petite fracture cimentée, celle d'un échantillon montrant 1 à 3 lignes venant de la coloration de fissures extrêmement fines mais libres de toute cristallisation secondaire et celle d'un échantillon montrant une coloration générale sur toute la surface de la plaque, sont identiques : 10^{-6} cni/s.

Or, la comparaison des essais que nous avons faits par percolation à travers un échantillon sans contrainte latérale (la pression motrice étant de 50 bars), les essais faits sur des blocs identiques au Laboratoire de Toulouse avec des contraintes latérales égales aux contraintes motrices ainsi que les résultats de J. BERNAIX, ont montré des variations très grandes de perméabilité allant de 1 à 100 et même de 1 à 1000.

Il faut donc préciser soigneusement la nature des circulations d'eau possibles à travers la roche : soit à travers des fractures très fines mais ouvertes, soit à travers des fractures incomplètement cimentées, soit dans un milieu poreux dont les grains forment un squelette rigide. En effet, la pression de confinement liée aux contraintes imposées par l'ouvrage, peut faire varier considérablement la perméabilité dans le premier cas, relativement peu dans le second et ne pas l'affecter dans le troisième. Ce phénomène est étudié par J. BERNAIX (1966) et ses conséquences, à l'échelle du massif rocheux, prises en compte par les ingénieurs dans la définition des voiles de drainage assurant les appuis de barrages contre les risques d'instabilité par pression interstitielle (LONDE P. et SABARLY F. - 1966).

3.5. Vieillesissement - Fatigue

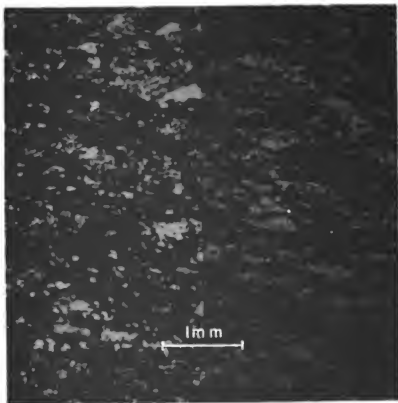
(GROUPE DE TRAVAIL FRANCAIS - 1964)

(HAMROL R. - 1961)

Depuis que l'attention a été attirée par l'altérabilité des roches, de nombreux exemples ont été décrits. Quelques auteurs même ont cité des cas où des changements de qualité d'un massif auraient été perçus lors de mesures sismiques, (JEAGER CH. - 1965) montrant ainsi la grande intensité du phénomène.

Pour utiliser la technique économique de la lame mince, au cas du vieillissement d'une roche, nous avons fait les 2 expériences suivantes, fondées sur l'évolution éventuelle de la roche par effet mécanique (charge et décharge) et physico-chimique (humidification à l'eau et séchage).

Dans un bloc de gneiss du type fibreux, provenant des affleurements du bas de la rive gauche du site du barrage de Malpasset, 32 cubes de 4 x 4 x 4 cm ont été taillés à la scie. La qualité de la roche est la même que celle ayant servi aux essais d'écrasement sur cubes, qui ont donné des valeurs de 600 à 700 bars. Les blocs ont été choisis pour leur homogénéité satisfaisante. La figure 85 donne l'aspect grossi 20 fois d'une coupe mince type.



Type de gneiss fibreux utilisé pour les essais de vieillissement.

- Résistance 600 kg/cm²

- Composition :

- quartz
- feldspaths plagioclases (oligoclase)
- micas : biotite altérée muscovite (plus rare)
- cordiérite } rares
- chlorite }
- claoite }

Fig. 85 - Essais de vieillissement sur cubes de gneiss de Malpasset.

L'effet de fatigue a été étudié en faisant subir aux cubes une série de cycles : compression à 50 bars, puis relaxation à pression nulle à raison d'un cycle par seconde sur une petite presse à main de 30 T LE PETIT (Fig. 86). La précision des pressions, du fait de la manœuvre relativement rapide à main, est de ± 5 bars. Les échantillons ont été saturés avant essais dans l'eau sans pression, après mise sous vide. Les efforts étaient parallèles aux fibres.



Levier de mise en charge

Fig. 86 - Presse LE PETIT de 30 tonnes

Utilisée pour les essais cycliques de charge sur cubes.
L'opérateur amène le plateau supérieur de la presse en contact avec le cube ; puis, la soupape étant maintenue ouverte, il produit une série de cycles de charge et de décharge, de zéro à la pression requise au rythme de un par seconde.

L'effet de vieillissement chimique a été étudié en faisant subir aux cubes une série de cycles : humidification à l'eau, à pression atmosphérique pendant une semaine, et séchage à 20° C à pression atmosphérique pendant une semaine.

Le contrôle des caractéristiques de la roche a été opéré par examen de lames minces colorées à l'auramine J (rouge), taillées dans trois directions perpendiculaires. Le critère pris en compte est la longueur de microfissures colorées par unité de surface de lame. La mesure est effectuée avec le micromètre et la lentille $\times 4$ du microscope. La surface de la plaque est obtenue par planimétrie.

Le tableau ci-après donne le nombre d'échantillons utilisés et les résultats obtenus.

Nous avons distingué les cas où le plan de la lame est parallèle aux fibres, et le cas où il est perpendiculaire. Rappelons que deux lames par cube ont été taillées dans le premier cas, et une lame dans le second cas.

CYCLES DE CHARGE - DECHARGE

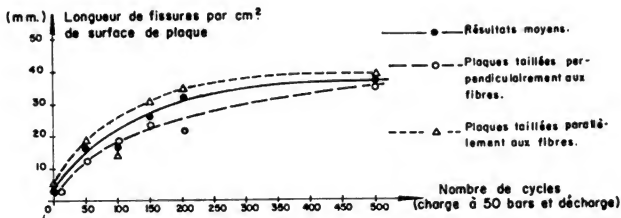
Nombre de cubes (3 lames par cube)	Nombre de cycles	Longueur de microdiscontinuités par unité de surface mm/cm ²	Longueur moyenne de microdiscontinuités par unité de surface mm/cm ²	Position du plan de la lame par rapport aux fibres
2	0 (état initial)	4.2 3.6	4	parallèle perpendiculaire
2	50	18 12.6	16.2	parallèle perpendiculaire
2	100	16 17.5	16.5	parallèle perpendiculaire
2	150	28.1 24.2	26.8	parallèle perpendiculaire
3	200	35.1 20.8	32	parallèle perpendiculaire
4	500	37 35.8	36.6	parallèle perpendiculaire

CYCLES D'HUMIDIFICATION - SECHAGE

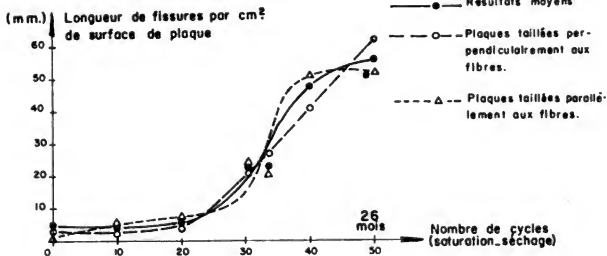
=====

Nombre de cubes (3 lames par cube)	Nombre de cycles	Longueur de microdiscontinuités par unité de surface mm/cm ²	Longueur moyenne de microdiscontinuités par unité de surface mm/cm ²	Position du plan de la lame par rapport aux fibres
2	0 (état initial)	4.9 5.2	5	parallèle perpendiculaire
2	10	4.1 3.4	3.8	parallèle perpendiculaire
2	20	6.0 5.7	5.9	parallèle perpendiculaire
2	31	23.3 20.9	22.5	parallèle perpendiculaire
2	34	21.1 25.5	22.5	parallèle perpendiculaire
3	42	51.0 41.6	47.2	parallèle perpendiculaire
4	53	51.0 61.4	56.8	parallèle perpendiculaire

Les figures 87 et 88 traduisent ces résultats sous forme de graphique d'évolution où l'on peut voir une augmentation importante de la microdivision dans les deux cas, la vitesse d'évolution étant différente : rapide au début, dans le cas des cycles de charge et au contraire, s'accélégrant à la fin, au cours des cycles d'humidification. Dans les deux cas, les courbes semblent continuer à croître à la fin de l'expérience.



ESSAIS CYCLIQUES A LA COMPRESSION
fig 87.



ESSAIS CYCLIQUES SATURATION-SÉCHAGE
fig 88.

ÉVOLUTION DE LA MICROFISSURATION DE GNEISS DE MALPASSET EN FONCTION D'EFFORTS CYCLIQUES ET DE CYCLES SATURATION-SÉCHAGE

La croissance du nombre de microfissures parallèles et perpendiculaires aux fibres montre que les discontinuités sécantes et que les contacts entre lits peuvent jouer un rôle dans l'évolution. Rappelons qu'au cours de l'étude géologique, nous avons fait ressortir un phénomène de vieille altération qui affectait précisément la surface des cristaux de biotite. -

L'observation macroscopique des échantillons a montré que les fissures existantes, surtout celles sécantes aux fibres, sont revêtues d'un film de matière blanchâtre, dur à sec, parfois pâteux après saturation. A la fin de l'essai n° 2 (2 ans), ce film a pris une couleur jaune verdâtre tachée de rouille par oxydation de très petits cristaux de pyrite. Il nous a aussi semblé que la destruction des morceaux au marteau était plus aisée vers la fin.

Au cours d'expériences analogues faites sur des bétons d'essais fabriqués à partir d'agrégats de dolérite du site de Hendrik Verwoerd, nous n'avons observé aucune détérioration, les agrégats restant massifs et le collage avec le mortier excellent (I.O.R.C.C. - 1965).

3.6. Conclusion

A l'aide de la lame mince colorée - technique rapide et économique - nous avons pu trouver un ordre de grandeur de la perméabilité d'un échantillon rocheux et montrer que cette propriété était liée à la structure de l'échantillon.

Nous avons également montré que certaines formes de structures observées permettaient d'expliquer - donc de prévoir - des changements importants de perméabilité en fonction d'une augmentation de la contrainte de confinement de la roche.

La même technique nous a permis de suivre les transformations de la structure d'un gneiss soumis à certaines variations de contrainte et de teneurs en eau. Ces transformations - principalement une forte augmentation du nombre des microdiscontinuités - nous permettent de prévoir un accroissement de la perméabilité et sans doute, de la sensibilité de celle-ci à la contrainte.

Ces résultats, même considérés seulement comme des ordres de grandeur, sont déjà précieux puisqu'ils permettent d'orienter des essais plus élaborés. En outre, ils nécessitent l'exécution systématique de nombreuses lames minces qui permettent de mieux étudier des problèmes plus généraux qui dépassent la simple pétrographie.

Les lames minces colorées permettent ainsi d'aborder d'une façon assez rigoureuse, à l'échelle microscopique, la compréhension d'ensemble d'un site.

III. ESSAIS SUR LE ROCHER EN PLACE

L'analyse d'un certain nombre de phénomènes décelés sur échantillons nous a montré que, dans certains cas, les enseignements recueillis à petite échelle permettaient de dégager des critères de comparaison des roches.

Mais nous avons aussi vu que, plus souvent, l'échantillon ne permet pas de faire apparaître un classement, le phénomène responsable n'apparaissant pas à l'échelle de l'échantillon.

Dans ce dernier cas, il faut alors intéresser un volume de roche plus grand d'une part et situé dans son gisement naturel d'autre part.

C'est le rôle des essais en place dont nous allons décrire quelques cas courants.

1. Essais au vérin.

Parmi les essais in situ dont dispose la mécanique des roches, les essais de chargement d'une plaque rigide sur une paroi rocheuse sont parmi les plus utilisés. Ils ont été employés d'une façon systématique par E.D.F. sous l'impulsion de M. TALOBRE, (TALOBRE 1957-1961 - GROUPE DE TRAVAIL FRANCAIS - 1964 MAZENOT - 1965). Des essais datant des années 1930 avaient été faits par M. DROUHIN en Algérie.

Les essais au vérin courant intéressent, en général, un volume de roche de quelques mètres cubes. Ce volume est encore insuffisant pour être représentatif, mais son étude constitue une étape vers celle du massif dans son ensemble, d'autant plus que c'est encore la seule démarche économiquement réalisable.

En général, ces essais sont réalisés dans les galeries de reconnaissance en utilisant la paroi opposée à celle de l'essai pour fournir la réaction nécessaire.

1.1. Généralités sur les essais au vérin.

1.1.1.

Etant donné les dimensions de la plaque et les forces mises en jeu par le vérin, on n'obtient pratiquement jamais de rupture permettant d'apprécier les caractéristiques intrinsèques du matériau. C'est donc, avant tout, un essai de déformabilité.

A la surface d'une excavation faite par explosifs, il existe une fissuration artificielle dont la décompression superficielle, qui se traduit par l'expansion du rocher avec ouverture des joints, crée une frange où les déformations enregistrées ne représentent pas exactement celles du terrain massif.

L'expérience a montré qu'on ne pouvait pas éliminer complètement la zone de décompression ; par des moyens discrets (bouchardes, ciseaux...) on purge au maximum la surface pour éliminer les morceaux instables. L'essai intéressera donc un terrain de plus en plus compact.

Nous verrons que l'aspect des courbes de déformation permet d'apprécier les caractéristiques du terrain, ainsi que l'importance de la frange perturbée.

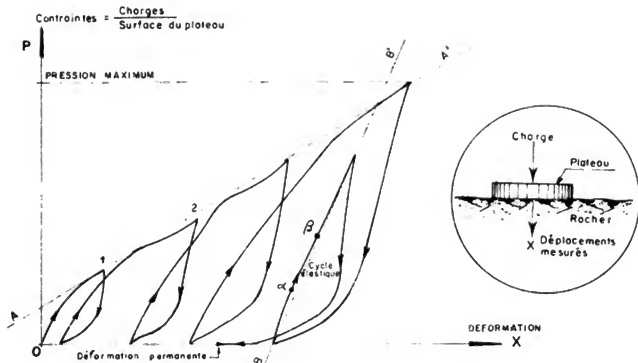
1.1.2. But de l'essai

L'essai permet d'obtenir une relation effort-déformation, la déformation étant soit l'enfoncement du plateau d'appui, soit les mouvements du rocher au large (jusqu'à plusieurs mètres) qui définissent le "cratère de déformation".

Nous analyserons, dans ce travail, les courbes effort-déformation relatives à l'enfoncement du plateau.

Au cours des mesures, il est classique d'effectuer des cycles de charge et de décharge à pression croissante. La figure 89 montre un exemple possible de courbe.

Des courbes obtenues, il est classique de vouloir extraire des données propres à calculer des modules de défor-



n = Module de déformation globale obtenu par la formule de Boussinesq pour $A-A'$
 E = Module de déformation élastique obtenu par la formule de Boussinesq pour $B-B'$

Coefficient de déformation globale $C_g = \frac{x_2 - x_1}{p_2 - p_1}$

Coefficient de déformation élastique d'un cycle $C = \frac{x_B - x_C}{p_B - p_C}$

Coefficient de déformation permanente $C_p = \frac{\text{déformation permanente}}{\text{pression maximum}}$

ESSAIS AUX VERINS

COURBES DE DEFORMATION

DEFINITION DES MODULES DE DEFORMATION ET DES COEFFICIENTS DE DEFORMATIONS

fig. 89.

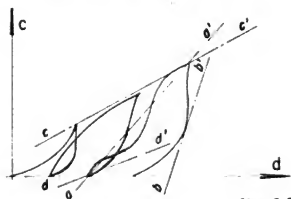


fig. 90

mation, qui sont parmi les premiers renseignements que demande le projeteur. Malheureusement la roche que sollicite l'essai est un milieu discontinu, souvent lité ou diaclasé, dans lequel les déformations sont la somme de déformations permanentes et de déformations réversibles. Les formules utilisées pour le calcul des modules s'appliquent toujours à des milieux élastiques continus. De plus, nous devons constater que l'accord est encore loin d'être unanime chez les auteurs sur les formules à employer et les valeurs à utiliser ; il est toutefois très courant d'employer la formule de Boussinesq (CAQUOT et KERISEL - 1956 - page 145) qui lie l'enfoncement de la plaque à la charge qui le produit

$$w = P \frac{1 - \nu^2}{E} \frac{1}{D}$$

w étant l'enfoncement moyen du plateau rigide de diamètre D

P étant la charge totale appliquée

E le module de déformation du milieu dont le coefficient de Poisson est ν , ces deux dernières valeurs étant caractéristiques des essais statiques.

Même avec l'utilisation de cette formule simple, l'accord est loin d'être réalisé sur la valeur des déformations à prendre en compte.

Un certain nombre de modules ont été définis pour chaque type de déformation. Signalons entre autres (fig. 90) le module sécant (aa'), le module tangent (bb'), le module global (cc'), le module initial (dd').

Etant donné, rappelons le, que la déformation enregistrée est la somme de déformations élastiques instantanées et différées, de déformations permanentes instantanées et différées et de déformations brusques aléatoires, il semble difficile de trouver par cette méthode le module de YOUNG du massif.

Signalons toutefois que J. B. WALSH (1965) a montré dans le cas d'une compression uniaxiale élastique d'un milieu comprenant une fissure que le module de YOUNG du matériau non fissuré pouvait être trouvé à partir de la pente initiale de la courbe de déchargement.

De leur côté, DUFFAUT et LAKSHMANAN (1965) ont proposé de se servir des mesures de déformations au large (cratère) pour s'affranchir de la frange perturbée de surface et obtenir un module de déformation, toujours dans le cas élastique, du rocher en profondeur.

1.13. Dans ce travail, nous nous proposons d'étudier deux modules, définis par la figure 89, que nous avons été amenés à choisir à la suite des observations pratiques suivantes :

- les cycles élémentaires sont souvent différents tant à la montée qu'à la descente : on peut, par contre, tracer assez facilement une courbe (souvent une droite pour les derniers cycles) qui enveloppe tous les cycles effectués.
- la déformation du cycle final - dit cycle élastique - effectué à pression réduite est souvent proportionnelle à la charge.

Les deux modules étudiés sont donc :

- module de déformation élastique E (segment BB')
- module de déformation globale Γ (segment AA').

Nous avons, dans ce travail, introduit cette notion de module calculé pour nous rattacher à des valeurs utilisées classiquement. Il n'est pas de notre propos de les proposer comme valeurs à prendre pour le module du massif entrant dans les calculs du projeteur. Ce module, cependant, doit être compris entre les deux valeurs proposées.

Nous avons choisi pour ν - coefficient de Poisson - 0, 25 à Tachien et 0, 20 à Hendrik Verwoerd.

Par suite de l'erreur commise sur ν par cette approximation, l'erreur relative que l'on commet sur

$$E = \frac{P}{w D} (1 - \nu^2) \text{ est } \frac{\Delta E}{E} = \frac{2 \nu \Delta \nu}{1 - \nu^2}$$

or ν ne peut pratiquement varier que de 0, 10 à 0, 30, donc $\frac{\Delta E}{E} = 0, 084$ soit environ $\pm 8\%$ ce qui est très

inférieur aux erreurs commises dans l'assimilation du rocher à un milieu élastique.

D'autres paramètres plus nuancés peuvent être tirés des courbes effort-déformation : les coefficients de déformation

$$C = \frac{\text{différence de déformation}}{\text{différence de contrainte}} \quad (\text{exprimés en } \frac{1}{100} \text{ mm/bar})$$

A la différence des modules, calculés pour un cycle entier, nous considérons pour ces paramètres des intervalles petits et nous étudierons leur variation en fonction de l'évolution des pressions.

Il faut surtout retenir que ces paramètres ne sont pas interprétés, mais directement déduits des déformations, alors que les modules définis ci-dessus découlent de l'application plus ou moins justifiée d'une formule.

Des auteurs ont souvent appelé "module sécant" ce paramètre C étendu à un cycle entier ; pour ne pas prêter à confusion avec les modules dont nous avons parlé plus haut, nous appellerons ce paramètre : coefficient de déformation ; il est exprimé en centième de millimètre par bar. Les coefficients sont comparables entre eux, puisque les conditions d'essais sont semblables : plaques circulaires de dimensions voisines, contraintes du même ordre de grandeur.

Nous définissons ainsi (figure 89) :

C_g coefficient de déformation globale calculée à partir de la courbe enveloppe de toutes les courbes élémentaires des cycles.

C coefficient de déformation élastique calculé à partir de la courbe du cycle final.

C_p coefficient de déformation permanente.

Nous étudierons les variations de ces coefficients en fonction de la contrainte ou leur groupement en familles caractéristiques (en particulier C_p, tableau XI et XII).

Notons que l'on peut trouver une correspondance intéressante entre les modules E et Γ et les coefficients que nous étudions, si on considère leur rapport.

$$\text{En effet } \frac{E}{\Gamma} = \frac{p}{w} \times \frac{w'}{p'} \text{ soit } \frac{w'}{p'}$$

Or, pour le même intervalle, on a :

$$\frac{w'}{p'} = C_g \text{ coefficient de déformation globale}$$

et

$$\frac{w}{p} = C \text{ coefficient de déformation élastique.}$$

Or, nous verrons que nous utilisons les modules E et Γ surtout par leur rapport, ce qui permet de se rattacher directement à la notion élémentaire de déformation.

1.2. Essais effectués

Nous analyserons les résultats obtenus après les campagnes d'essai menées sur les sites des barrages de Hendrik Verwoerd en Afrique du Sud et de Ta Chien à Formose.

Les conclusions de ces analyses de détail seront ensuite comparées à celles tirées d'essais faits par E.D.F. sur des sites français.

1.21. Appareillage

Dans le cas des essais faits sur le site de Ta Chien et Hendrik Verwoerd, l'équipement comportait (figures 91, 92, 93) :

- un dispositif de mise en charge composé d'un vérin de 300 tonnes avec sa pompe et des manomètres, des plateaux d'acier de 45 cm et 60 cm de diamètre et de 45 mm d'épaisseur, montés sur rotule, des colonnes transmettant la poussée du vérin.

SCHEMA D'UN ESSAI AU VERIN

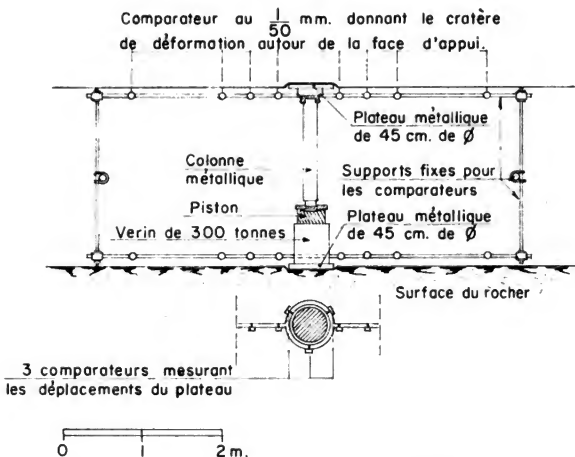


fig 91.

- des dispositifs de mesures de déplacements composés de comparateurs au 1/50 mm ou au 1/100 mm répartis sur la face elle-même et à son voisinage de façon à connaître l'enfoncement du plateau et la déformation du rocher en surface jusqu'à 2 m autour de la face d'appui.

Dans le cas du site de Ta Chien, on a étudié la déformation interne du rocher en scellant à 0, 50 - 1, 00 et 2, 00 m de la surface rocheuse, dans un trou de sondage foré dans l'axe de la plaque, des témoins de déformation relative (témoin TELEMAC E 90).

Afin d'obtenir la rigidité maximum du plateau d'appui, nous avons rempli des plateaux de taille intermédiaire entre ce plateau et le vérin de diamètre 35 cm.

SUPPORT FIXE DES COMPARETEURS



PLATEAU
D'APPUI DE
45 CM. DE
DIAMÈTRE

COLONNE
MÉTALLIQUE

fig 92 a

VERIN / APPUI BÉTONNE

ESSAI AU VERIN SUR UNE FACE
HORIZONTALE, EN CALOTTE, DANS
LA GALERIE RA I (ESSAI n° 8)

COMPARETEUR AU $\frac{1}{50}$ mm

PLATEAU DE 45 CM DE DIAMÈTRE

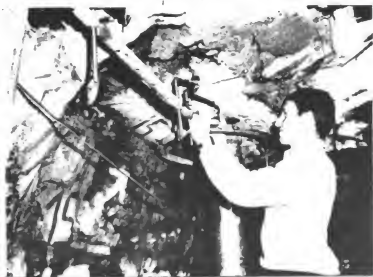


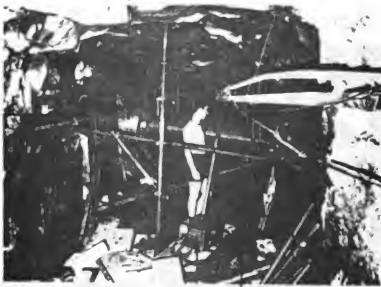
fig 92 b

COLONNE VERTICALE

DÉTAIL D'UN ESSAI AU VERIN

VERIN

PLATEAU
D'APPUI DE
DE 45 CM DE
DIAMÈTRE
FACE
GAUCHE



PLATEAU
D'APPUI DE
45 CM. DE
DIAMÈTRE
FACE
DROITE

POMPE

SUPPORTS FIXES DES
COMPARETEURS

ESSAI AU VERIN SUR DEUX FACES
SENSIBLEMENT VERTICALES DANS
LA GALERIE RA 1 (ESSAI n° 2)

PLATEAU D'APPUI

COMPARETEURS AU $\frac{1}{50}$ mm

VERIN

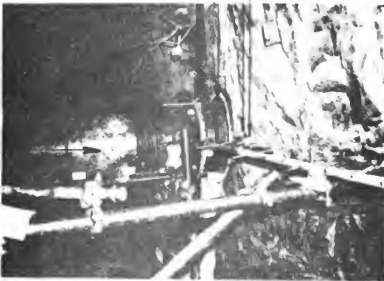


FIG 03

DÉTAIL D'UN ESSAI AU VERIN SUR UNE
FACE D'APPUI VERTICALE

1. 22. Préparation des faces.

En général, les faces obtenues après purge des parois ont été meulées soit en calotte, soit en piédroits. On a pu appliquer le plateau directement sur le rocher ainsi parfaitement dressé (figure 94). Quand la face n'était pas tout à fait plane, on a interposé un disque de soufre coulé sur place.



Galerie RA 2 -

Surface pour essai au vérin

Fig. 94 - L'argilite a été meulée pour former une face d'appui plane de 45 cm de diamètre. On a choisi le voisinage d'une diaclase plane sensiblement horizontale.

1. 23. Réalisation de l'essai.

Le programme de montée et descente en pression a été normalisé au maximum.

- Par exemple, au site de Hendrik Verwoerd, on a prévu quatre cycles de pression maximum : 35 - 70 - 105 - 140 bars ; chaque cycle comportait 4 points de mesures intermédiaires à la montée et 4 à la descente.

Les lectures aux pressions intermédiaires sont faites après deux minutes d'arrêt à la pression requise. Les lectures au sommet et en bas de chaque cycle sont faites après 10 minutes de pose à la pression requise. Ces temps ont été définis à la suite d'expériences préliminaires qui ont montré, pour les contraintes utilisées, que les déformations avaient lieu pour une grande part, dans les toutes premières minutes de l'application de la force.

Après ces quatre cycles, deux autres cycles à pression maximum 105 bars sont effectués pour étudier la déformation élastique du rocher, ils comportent les mêmes paliers.

1.3. Analyse des résultats d'essais

1.3.1. Site du barrage de Ta Chien.

1.311.

Le site du barrage et les reconnaissances effectuées ont été décrits au chapitre A.1.3. Les essais au vérin ont été effectués en 1962 sous notre direction par les membres de la Taiwan Power Company.

Parallèlement, des échantillons de roches étaient prélevés par carottage après les mesures et soumis à des essais divers du laboratoire de l'Union Industrial Research Institute. Nous n'avons trouvé qu'une très approximative corrélation entre les résultats des déformations obtenues sur échantillons et celles obtenues in situ : l'effet d'échelle est important.

D'autre part, l'examen des carottes nous a permis de connaître la nature et la structure du terrain en-dessous de la surface d'appui, indications précieuses pour l'exploitation des résultats de l'essai au vérin.

1.312. Emplacement des essais.

Il a été décidé de placer les essais autant que possible à voisinage immédiat des futures fondations de l'ouvrage, tout le long de celles-ci, à différents niveaux. La direction de chargement des plateaux de diamètre 50 cm, était soit perpendiculaire, soit parallèle au plan de stratification de la roche. Quand cela a été possible, quelques essais ont été faits avec la direction de chargement sensiblement parallèle à la direction de poussée estimée du barrage. Tous ces essais ont eu lieu dans les très nombreuses galeries existantes, rive droite et rive gauche. Le tableau ci-après résume les emplacements, les niveaux et le nombre des faces essayées pour les deux rives (voir plan de galeries, figure 40).

Rive gauche			Rive droite		
Galerie	Niveau m	Nombre de faces	Galerie	Niveau m	Nombre de faces
MA 12	1451	2	MA 36	1451	2
MA 37	1425	4	MA 17	1450	1
MA 6	1413	1	MA 34	1425	2
MA 25	1350	5	MA 27	1423	5
MA 26	1310	4	MA 18	1398	3
MA 31	1244	4	MA 33	1360	1
			MA 28	1320	2
			MA 20	1262	1
		20			17
		soit 37 faces essayées			

1.313. Préparation des essais.

Après la purge de la surface, faite à la masse et à la barre à mine, les faces d'appui ont été surfacées à la main avec bouchardes, ciseaux et meules. Les petites irrégularités restantes ont été comblées avec un mélange de soufre et de cendre volante appliqué à chaud. Le montage des différents constituants de l'essai a été fait comme il a été indiqué plus haut.

1.314. Conduite des essais

La procédure d'essais a été conforme à celle indiquée précédemment : il a été fait 4 cycles, les pressions ont été ici de 40, 80, 120 et 160 bars. Nous avons systématiquement effectué un cycle initial, sans palier de mesure, à une pression de 25 bars, pour favoriser la mise en place du système au début des mises en charge. En même temps que les lectures des comparateurs, la température et l'hygrométrie ont été relevées dans les galeries. La température moyenne n'a pas varié de plus de un degré et l'humidité relative a été constante à 2 ou 3% près. Nous n'avons donc fait aucune correction de lecture des comparateurs.

1.315. Exploitation des résultats.

a) - L'ensemble des résultats obtenus a été groupé en une série de tableaux (II à VII). Nous avons indiqué pour chaque essai, la nature de la face avec la direction de l'effort, les différents modules de déformation calculés avec leurs rapports, et les courbes de variation des coefficients de déformation globale C_g et élastique C en fonction de la pression.

Il ne nous a pas paru indispensable de donner les courbes effort-déformation - au demeurant très nombreuses - car les conclusions que nous tirerons de l'essai au vérin sont plus fondées sur les variations des coefficients de déformation, données ici, que sur les déformations elles-mêmes.

b) - Les modules de déformation élastique.

Le tableau ci-dessous donne pour les différentes catégories de rocher rencontrées, les moyennes arithmétiques des modules de déformation élastique calculés et leur dispersion. Le nombre de mesures disponibles pour le calcul de chaque moyenne est très réduit (2 à 3 en général) aussi nous avons abandonné, pour caractériser la dispersion, les notions habituelles de statistique et nous ne donnons que l'intervalle relatif séparant la valeur maximale M et la valeur minimale m de la moyenne.

Nature du rocher	Quartzites			Quartzites et schistes alternés			Schistes		
	Perpendiculaire aux bancs	dans les bancs	sécants aux bancs	Perpendiculaire aux bancs	dans les bancs	sécants aux bancs	Perpendiculaire aux bancs	dans les bancs	sécants aux bancs
Moyenne des modules élastiques (bars)	74.400	87.100	97.900	52.300	101.200	91.200	53.000	88.500	85.700
Moyenne générale des modules élastiques (bars)	86.400			81.500			76.100		
$\frac{M - \text{moyenne}}{\text{moyenne}}$	65%			48%			45%		
$\frac{\text{moyenne} - m}{\text{moyenne}}$	72%			65%			140%		

On peut voir que les modules des différents rochers ne sont pas très différents les uns des autres, puisque le maximum est de 86,400 bars et le minimum de 76,100 bars. On constate, ce qui est normal, que les schistes ont un module d'élasticité plus faible que celui des quartzites, les terrains mixtes ayant un module intermédiaire. Les dispersions calculées sont normales pour ce genre d'essais ; elles seront comparées dans un paragraphe suivant, à celles obtenues pour d'autres sites.

N° DE L'ESSAI	NATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	LE DEFORMATION	ABSORPTION EN KG DE MATIÈRE TENDUE PAR M. DE FORAGE A 5 BARS	EFFET DE L'UNION		
			GLOBALE ELASTIQUE		MODULE PREMIER CYCLE AVANT APRES	$\frac{E'}{E}$	$\frac{\rho'}{\rho}$
MA 12 37/14	alternance de quartzites et de schistes lites de 1 à 3 m oxydes	horizontale dans les bancs		18 kg de ciment par m à 5 bars	2,55	1,01	1,66
MA 12 37/14	alternance de quartzites et de schistes l veiné argileuse de 1 cm	horizontale dans les bancs					
MA 37/2	quartzites massives argente avec une faille	perpendiculaire aux bancs					
MA 37/3	quartzites massives argente avec une faille de MA 37/2	perpendiculaire aux bancs					
MA 37/4	alternance de quartzites et de schistes dure	horizontale perpendiculaire aux lignes de niveaux des bi		31 kg de ciment par m à 5 bars	1,23	1,12	1,16
MA 37/5	quartzites et schistes en bancs de 1 à 1 m - faille de 5 cm à 100 m d'intous les 5 à 10 cm	horizontale perpendiculaire aux lignes de niveaux des bi					

SITE DU BARRAGE DE TACHEN

TABEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS D'ESSAIS AUX VERINS RIVE GAUCHE

Tableau III

N° DE L'ESSAI	NATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	DEFORMATION GLOBALE ELASTIQUE	ABSORPTION EN KG DE MATIÈRE SECHE PAR M DE FORAGE A 5 BARS	EFFET DE L'INJECTION		
					MODULE PREMERE CYCLE AVANT APRES	$\frac{E'}{E}$	$\frac{f'}{f}$
MA 6 gauche	quartzites schistes un peu plus loin	horizon	dans les bancs				
MA 25 /1 droite	quartzites, joints irréguliers	horizon	dans les bancs				
MA 25 /1 gauche	quartzites-schistes à proximité	horizon	dans les bancs				
MA 25 /2 gauche	sur le plan de contact entre schistes et quartzites	horizon	dans les bancs				
MA 25 /2 droite	schistes avec veine argileuse à C,35m	horizon	dans les bancs				
MA 25 /3	quartzites massives	perpendiculaire	aux bancs				
MA 26 /1	quartzites avec diaclases tous les 10 à 30 cm	perpendiculaire	aux bancs	27 kg de ciment par m à 5 bars	1,46	1,25	1,21

SITE DU BARRAGE DE TACHIEN

TABEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS D'ESSAIS AUX VERINS RIVE GAUCHE

Tableau IV

N° DE L'ESSAI	NATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	MODULE DE DEFORMATION DU PREMIER CYCLE (BAR) (PRESSION EN BAR)	MODULE DE DEFORMATION ELASTIQUE E (BAR) (PRESSION EN BAR)	MODULE DE DEFORMATION ELASTIQUE E (BAR) (PRESSION EN BAR)	E (C) / F (C) Cp	COEFFICIENT DE DEFORMATION	
							GLOBAL	ELASTIQUE
MA 26 / 2	carreaux quartzeux joints tous les 2, à 3 cm	horizontale dans les bancs	49,500 (16)	80,300 (120)	82,800 (160)	1,0		
MA 26 / 3	quartzites massives diachées sous les bancs 2, à 71 cm	inclinaison de 71° dans les bancs	42,500 (20)	51,000 (120)	48,300 (160)	1,1		
MA 26 / 3	quartzites massives jointes tous les 2, à 71 cm	inclinaison de 71° dans les bancs	77,000 (20)	176,000 (120)	112,000 (160)	1,6		
MA 31 / 2	quartzites massives à surface irrégulière	horizontale	30,000 (20)	139,000 (120)	100,000 (160)	1,4		
MA 31 / 2	quartzites à surface irrégulière	horizontale perpendiculaire aux bancs	246,000 (20)	112,700 (120)	79,100 (160)	1,5		
MA 31 / 1	sur l'épave d'une couche granitique de 1,25 m dans des schistes	horizontale dans les bancs	64,000 (20)	114,000 (120)	123,000 (160)	1,4		
MA 31 / 1	dans une couche granitique de 1,25 m dans des schistes	horizontale dans les bancs	26,200 (20)	124,000 (120)	93,000 (160)	1,2		

SITE DU BARRAGE DE TACHIEN
TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS
D'ESSAIS AUX VERMS RIVE GAUCHE

Tableau Y

N° DE L'ESSAI	MATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	MODULE DE RUPTURE DU MÉTAL (CYCLES/AN) (PRESSION EN BAR)	MODULE DE RUPTURE ELASTIQUE (E BAR) (PRESSION EN BAR)	MODULE DE RUPTURE GLOBALE (P BAR) (PRESSION EN BAR)	$\frac{E(C_3)}{P(C)}$	Cp	COEFFICIENT DE DÉFORMATION ELASTIQUE EN 1/100 DE mm PAR mm
MA 20	quartzites schisteuses avec diaclases ouvertes	perpendiculaire aux bords	31,700 (2)	48,300 (120)	29,700 (160)	1,6	0,56	
MA 28 / 1	quartzites massives jointeuses dans le sens de la plaque sans le plan sur une diaclase plane	oblique par rapport aux bords (45°)	26,400 (2)	37,800 (120)	42,300 (160)	1,2	0,19	
MA 28 / 2	quartzites et schistes en bancs de 3 à 20 cm	oblique par rapport aux bords (45°)	20,500 (2)	123,200 (120)	77,600 (160)	1,6	0,16	
MA 33	quartzites schisteuses diaclases classées	oblique par rapport aux bords (45°)	31,700 (2)	114,600 (160)	111,700 (160)	0,9	0,62	
MA 18 / 1	quartzites schisteuses en lits compacts	horizontale dans les bancs	102,700 (2)	107,000 (120)	70,900 (160)	1,5	0,19	
MA 18 / 2	quartzites schisteuses jointes avec petites fractures sèches	horizontale dans les bancs	140,600 (4)	120,400 (120)	67,900 (160)	1,8	0,08	
MA 18 / 2 gauche	quartzites jointes irrégulièrement	horizontale dans les bancs	154,000 (4)	123,000 (120)	67,300 (160)	1,8	0,22	

SITE DU BARRAGE DE TACHEN
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS
D'ESSAIS AUX VÉRINS NIVEAU DROITE

Tableau VI

N° DE L'ESSAI	NATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	MODULE DE DEFORMATION CYCLIQUE (EN BAR)		MODULE DE DEFORMATION (EN BAR)		$\frac{E-C_0}{E}$ (P.C)	Cp	COEFFICIENT DE DEFORMATION GLOBALE en 1/100 de mm par mm
			(PRESSION EN BAR)	(TENSION EN BAR)	(PRESSION EN BAR)	(TENSION EN BAR)			
MA 27/1 gauche	quartzites avec un petit banc schistes et 2 bancs calcaires de quartz	oblique par rapport aux bancs (45°)	22,800 (120)	39,100 (150)	48,500 (120)	23,400 (160)	1,9	0,65	
MA 27/1 droite	quartzites très jointives avec petits bancs schistes et bancs calcaires de 1 à 2cm	oblique par rapport aux bancs (45°)	--	32,350 (150)	66,900 (120)	47,500 (160)	2,1	0,21	
MA 27/2 gauche	quartzites en bancs de 5 à 10 cm veinées schistes à 1 m sous la face	perpendiculaire aux bancs	31,200 (20)	73,300 (100)	70,600 (120)	38,600 (160)	1,2	0,11	
MA 27/2 gauche	quartzites massives ou jointives	perpendiculaire aux bancs	49,200 (20)	74,100 (160)	74,700 (120)	36,700 (160)	1,3	0,19	
MA 27/3	quartzites massives	perpendiculaire aux bancs	77,200 (20)	94,800 (160)	90,500 (120)	77,800 (160)	1,2	0,11	
MA 34 gauche	quartzites et schistes alternés en bancs de 10 cm très diaclésés	oblique par rapport aux bancs (50°)	--	--	77,000 (120)	79,500 (160)	1,10	0,10	
MA 34 droite	quartzites et schistes alternés en bancs de 10 cm très diaclésés	oblique par rapport aux bancs (50°)	--	--	120,000 (120)	110,300 (160)	0,9	0	

SITE DU BARRAGE DE TACHEN
TABLEAU RECAPITULATIF DES RESULTATS
D'ESSAIS AUX VERMS RIVE DROITE

N° DE L'ESSAI	NATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	MODULE DE DEFORMATION CYCLIQUE (MAR) (E) (MAR)		MODULE DE DEFORMATION ELASTIQUE (MAR) (E) (MAR)		MODULE DE DEFORMATION ELASTIQUE (MAR) (E) (MAR)	COEFFICIENT DE DEFORMATION EN 1/1000 EN MAR PAR UNITÉ DE PRESSION ELASTIQUE
			(MAR) (E) (MAR)	(MAR) (E) (MAR)	(MAR) (E) (MAR)	(MAR) (E) (MAR)		
MA 17	schistes quartziteux schistosité versée à l'ouest	horizontale à 3° des bancs	31.500 (10)	77.000 (10)	92.400 (120)	32.400 (150)	1.8 C, 23	
MA 36 droite	Schistes durs nus de J à 5 en massifs	horizontale à 5° des bancs	26.000 (20)	22.600 (10)	66.000 (120)	74.700 (100)	0.9 --	
MA 36 gauche	Schistes quartziteux schistosité versée de 5 à 20° en bancs J-In. de	horizontale à 5° des bancs	--	--	22.400 (120)	63.700 (100)	1.6 C, 14	

SITE DU BARRAGE DE TACHEN
TABLEAU RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS
D'ESSAIS AUX VERINS RIVE DROITE

Tableau VIII

c) - Les modules de déformation globale.

Nous n'avons pas calculé les moyennes des modules de déformation globale, mais pour chacun des essais, nous avons calculé le rapport :

$$\frac{\text{Module de déformation élastique}}{\text{Module de déformation globale}} = \frac{E}{\Gamma}$$

C'est ce rapport, qui dépend de la fracturation du site, que nous étudierons comparativement à d'autres dans un paragraphe suivant.

Nous avons fait une tentative de représentation des variations des différents modules de déformation en fonction de l'altitude des essais. Le graphique de la figure 95 montre, comme il est normal de le penser, des modules de déformation plus importants dans les niveaux bas que dans les niveaux hauts ; on ne distingue pas, en fonction de l'altitude, de grandes différences entre les rapports des modules de déformation globale et élastique. Or, en général, dans une gorge aux pentes raides, l'importance du desserage des joints augmente au fur et à mesure que l'on s'élève ; il en résulte un accroissement du rapport $\frac{E}{\Gamma}$.

A Ta Chien, il semble que le desserage à petite échelle, (celle de l'essai), soit à peu près constant, sauf au niveau 1400. Il ne faudrait pas en conclure que le desserage total est constant, car l'essai au vérin, intéressant un petit volume, ne rend pas du tout compte du phénomène, important ici, de la poussée au vide qui mobilise des masses d'un volume bien supérieur à celles mises en oeuvre par le vérin. Il faudrait passer à un style d'essais différent (sismique par exemple) pour déceler ce phénomène. Néanmoins, il est intéressant d'obtenir du desserage des petits joints une estimation, car c'est de lui que dépendent la validité et l'importance du traitement de peau ou de collage béton-rocher.

d) - Variations des coefficients de déformation en fonction de la pression.

Les courbes de variations sont construites par points (4 ou 5). Pour chaque intervalle de pression, on porte la valeur du coefficient (exprimé au $\frac{1}{100}$ mm/bar) et la pression maximum de l'intervalle considéré.

Ces courbes nous ont permis de déterminer le seuil au-delà duquel les déformations sont plus régulières et où la signification du module d'élasticité prenait une certaine valeur. Nous verrons, plus loin, lors de la comparaison de dix sites entre eux, l'aspect global de toutes ces courbes.

e) - Essais de déformation à pression constante.

On appelle fluage la déformation, en fonction du temps, qui se produit lorsqu'une charge est maintenue constante. On appelle même, recouvrance la déformation qui se produit une fois la charge disparue. On sait que la déformation totale enregistrée est différente si la charge est appliquée rapidement ou suffisamment lentement pour que l'équilibre soit, à chaque instant, réalisé.

Notre but était d'abord de savoir rapidement s'il y avait ou non danger de déformation différée avec le temps pour des charges de l'ordre de grandeur de celles exercées par le barrage, aussi nous avons effectué après les cycles à pressions croissantes, des essais de charge à pression constante avec une montée rapide à la pression requise. Les essais ont duré 5 jours.

Les graphiques de la figure 96 montrent les déformations obtenues en fonction du temps pour des pressions de 65 à 100 bars. On peut voir que systématiquement, au bout de deux jours, les courbes ont une très nette tendance asymptotique, les valeurs maximales des déformations étant de 25 microns pour les zones quartzitiques à une pression de 100 bars. La valeur maximale obtenue lors d'un essai spécial sur un schiste graphiteux, a été de 55 microns à 65 bars. Comparées à d'autres essais de ce genre, ces valeurs sont faibles. Des essais plus élaborés n'étaient alors plus nécessaires.

f) - Comparaison des essais faits avant et après injection.

Dans trois cas, après avoir fait les cycles d'essais normaux, le rocher a été injecté à une pression de 5 bars avec un coulis d'eau et de ciment à 1/1.

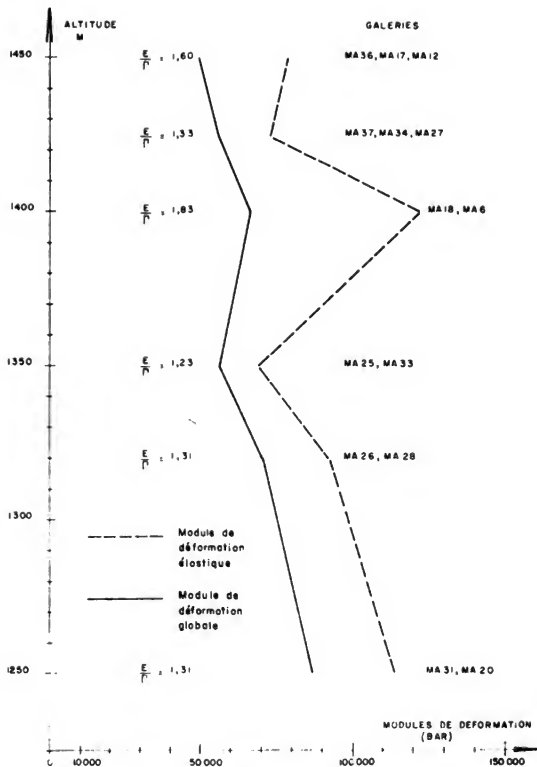
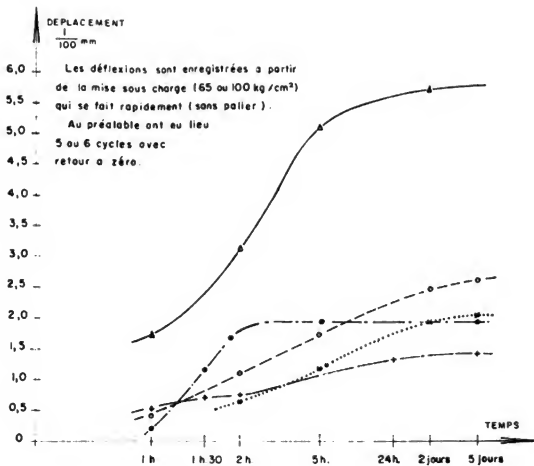


fig 9 5
SITE DU BARRAGE DE TACHIEN
REPARTITION DES MODULES DE DEFORMATION
EN FONCTION DE L'ALTITUDE



LEGENDE

- SCHISTES TRÈS QUARTZEUX (65 BARS)
- ◊ QUARTZITES GRAPHITEUSES (100 BARS)
- SCHISTES (100 BARS)
- ▲ SCHISTES GRAPHITEUX (65 BARS)
- ◆ QUARTZITES (100 BARS)

Teneurs en eau faibles
(galeries sèches)

fig 98

SITE DU BARRAGE DE TACHIEN
MESURE DE DEFORMATIONS A PRESSION CONSTANTE

Les absorptions ont été de 18 à 30 kg de ciment sec par mètre de forage. Après consolidation pendant un mois, les mêmes cycles d'essais ont été faits sur la même face. Les résultats (tableaux III et IV) montrent que les modules de déformation élastique ne sont pas très sensibles à l'injection, puisque les rapports de ces modules, avant et après, varient seulement de 1 à 1,25 ; les modules de déformations globales sont un petit peu plus influencés, ils varient de 1,16 à 1,66 ; il semble que ce soient les premiers cycles qui soient les plus influencés par l'injection puisque les rapports des modules de déformation calculés varient de 1,25 à 2,55. On constate que les courbes de variations des coefficients de déformation sont beaucoup plus aplaties, ce qui confirme l'intérêt de ces courbes pour l'étude de l'influence des petits joints.

1.32. Le site du barrage de Hendrik Verwoerd

1.321.

Le site du barrage a été décrit au chapitre A.1.2. La campagne d'essais au vérin a été menée à bien au cours de l'année 1964, sous notre direction.

1.322. Emplacement des essais.

Les essais ont été effectués avec des plateaux, soit de diamètre 45 cm, soit de diamètre 60 cm.

Dans le premier cas, les directions ont été choisies soit verticalement, soit horizontalement ; le nombre d'essais est important.

Dans le deuxième cas, le nombre d'essais est réduit ; les directions sont choisies parallèles à la direction de poussée du barrage au niveau d'essai donné. Le tableau ci-dessous donne la répartition et les niveaux de tous les essais.

Rive gauche			Rive droite		
Galerie	Niveau (pieds)	Nombre de faces	Galerie	Niveau (pieds)	Nombre de faces
RA 3	3870	5	RA 1	3945	11
RA 4	4000	$\frac{2}{7}$			
soit 18 faces essayées					

1.323. Préparation des essais

Toutes les faces ont été meulées de façon à obtenir une surface plane et polie sur laquelle a été directement appliqué le plateau métallique. La disposition des principaux éléments a été indiquée dans les figures 91 - 92 et 93.

1.324. Conduite des essais.

Pour chaque essai, il a été exécuté 4 cycles à des pressions maximales de 35 - 70 - 105 et 140 bars, puis deux essais à pression réduite, 105 bars, pour avoir les caractéristiques élastiques du rocher. Pour favoriser la mise en place du dispositif avant la mise en charge progressive, nous avons effectué un premier cycle à 20 bars sans points de mesures intermédiaires.

Les températures et hygrométries ont été relevées dans les galeries. Les variations de température n'ont pas excédé 2° et les variations d'humidité ont été voisines de 3% seulement.

Nous n'avons donc prévu aucune correction dans les lectures des comparateurs.

SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS AUX VERINS

N° DE L'ESSAI	NATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	MODULE DE DEFORMATION (E) (BAR) (PRESSION (10 ⁷ BAR)) (10 ⁷ BAR)	MODULE DE DEFORMATION (E) (BAR) (PRESSION (10 ⁷ BAR)) (10 ⁷ BAR)	MODULE DE DEFORMATION (E) (BAR) (PRESSION (10 ⁷ BAR)) (10 ⁷ BAR)	MODULE DE DEFORMATION (E) (BAR) (PRESSION (10 ⁷ BAR)) (10 ⁷ BAR)	$\frac{E}{E_0} \cdot C_p$	COEFFICIENT DE DEFORMATION GLOBALE ELASTIQUE
PA1 / 2 gauche	dolérite avec petites diaclases irrégulières très renversées	horizontale	200.000	180.000	193.000	50.000	3,9	
PA1 / 2 droite	dolérite massive, diaclase apliquée sur une diaclase	horizontale	380.000	280.000	243.000	50.000	4,7	
PA1 / 3	dolérite massive, finement diaclasée, très compacts	verticale	60.000	240.000	243.000	54.000	4,3	
PA1 / 8	dolérite massive	horizontale	99.000	300.000	301.000	79.000	4,0	
PA1 / 9	dolérite massive sans joint, relativement sèche	horizontale	31.000	150.000	157.000	51.000	3,1	
PA1 / 10	dolérite avec petites diaclases et veines de calcite	horizontale	30.000	69.000	69.000	37.000	1,9	

Tableau IX

N° DE L'ESSAI	NATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	MODULE DE DEFORMATION				$\frac{E(0,5)}{E(10)}$	Cp	COEFFICIENT DE DEFORMATION GLOBAL ELASTIQUE
			(CYCLE BAR) (EMISSIION 35 BAR) 18.000	(CYCLE BAR) (EMISSIION 45 BAR) 130.000	(EMISSIION 07 BAR) 132.000	(EMISSIION 13 BAR) 47.000			
RA 1/12	épave très déclassée, déclassée par carbonnade de quelques centimètres	Verticale	18.000	130.000	132.000	47.000	2,8	0,32	
RA 1/13	argile massive	horizontale	48.000	93.000	93.000	79.000	1,2	0,32	
RA 1/14	épave irrégulière, déclassée par carbonnade de quelques centimètres	verticale	42.000	130.000	136.000	71.400	1,9	0,14	
RA 1/15	coûtrée massive	verticale	66.000	280.000	301.000	65.000	4,9	0,21	
RA 1/16	coûtrée finement déclassée très massive	horizontale	62.000	240.000	243.000	93.000	2,6	0,12	
RA 3/6	argile très cuite, surface irrégulière, déclassée par carbonnade contenant avec les côûtrées	horizontale	48.000	185.000	186.000	76.600	2,4	0,19	

700/1000 X

N° DE L'ESSAI	NATURE DE LA FACE	DIRECTION DE L'EFFORT	MODULE DE DEFORMATION EN TENSION (10 ⁸ DYNES / CM ²)		MODULE DE DEFORMATION EN COMPRESSION (10 ⁸ DYNES / CM ²)		E (10 ¹⁰ DYNES / CM ²)	Cp	COEFFICIENT DE DEFORMATION	
			EN TENSION (10 ⁸ DYNES / CM ²)	EN COMPRESSION (10 ⁸ DYNES / CM ²)	ELASTIQUE	GLOBALE				
RA 3/8	épave massive avec joints de sédimentation bien marquée	verticale	38.000	88.000	93.000	53.600	1,7	0,07		
RA 3/9	épave massive avec joints de sédimentation	horizontale	90.000	165.000	172.000	92.800	1,8	0,09		
RA 3/10	épave compacte et coute	verticale	42.000	101.000	121.500	51.400	2,4	0,47		
RA 3/12	dolérite massive à surface très irrégulière	horizontale	50.000	165.000	170.200	78.600	2,2	0,09		
RA 4/1	dolérite massive	oblique 20°	120.000	210.000	285.700	138.500	2,2	0,14		
RA 4/4	dolérite très discontinue	oblique 20°	50.000	250.000	257.000	67.900	4,0	0,67		

Tableau XI

1.325. Exploitation des résultats

a) - Les tableaux VIII - IX et X montrent, résumés, quels sont les résultats obtenus lors de ces essais. Comme pour le site du barrage de Ta Chien, nous avons indiqué la direction de poussée, les différents modules de déformation calculés et leur rapport, et les courbes de variation des coefficients de déformation qui ont servi à évaluer la validité du module élastique proposé ; l'exploitation globale de ces courbes sera faite dans un paragraphe suivant.

b) - Module de déformation élastique

Le tableau ci-après donne les valeurs moyennes et les dispersions des modules calculés. Etant donné le faible nombre de valeurs entrant dans les moyennes, nous n'avons pas pu caractériser la dispersion par les critères classiques ; nous nous sommes bornés à indiquer l'intervalle relatif séparant la valeur maximale M et minimale m de la moyenne.

Nature du rocher	Dolérite	Argilite très cuite	Argilite	
			Perpendiculaire aux bancs	Le long des bancs
Direction de l'essai	Toutes directions	Toutes directions		
Moyenne des modules de déformation élastique(ban)	264.200	142.800	121.400 moyenne générale 132.000	135.600
<u>moyenne - m</u> moyenne	27%	(2 mesures seulement)	40%	
<u>M - moyenne</u> moyenne	18%		27%	

Nous avons distingué : dolérite, argilite cuite au voisinage des dolérites et argilites massives. Dans les dolérites, il n'est pas possible de faire ressortir de différence entre les modules suivant différentes directions, par contre ce phénomène est perceptible dans les argilites massives. Les dispersions sont faibles tant pour les dolérites que pour les argilites.

c) - Module de déformation globale

Cet aspect des déformations sera envisagé dans la comparaison de 10 sites entre eux. On peut toutefois observer que ces modules de déformation globale sont ici plus faibles relativement aux modules élastiques que pour le site du barrage de Ta Chien. En effet, on trouve :

pour le site du barrage de Hendrik Verwoerd :

$$\frac{\text{Modules élastiques}}{\text{Modules globaux}} = 1,2 \text{ à } 4,9$$
 moyenne : 2,9

et pour le site du barrage de Ta Chien :

$$\frac{\text{Modules élastiques}}{\text{Modules globaux}} = 0,9 \text{ à } 3,5$$
 moyenne : 1,5

d) - Essais de déformation à contrainte constante.

Comme pour le site précédent, nous avons fait des essais de déformation à contrainte constante avec application rapide de la charge désirée pour savoir, dans le plus court délai possible, s'il y avait lieu d'étudier plus avant ce phénomène.

Sur la surface de diamètre 80 cm de l'essai n°1 dans la galerie RA 4, on a mesuré la déformation du rocher sous une contrainte constante de 107 et 130 bars. Le graphique de la figure 97 montre que les déformations ont cessé au bout de 10 minutes pour la contrainte de 107 bars et au bout de 30 minutes pour la contrainte de 130 bars ; l'enfoncement du plateau à partir de l'établissement de cette dernière charge a été de 50 microns, valeur très faible qui nous a amené à ne pas envisager d'essais plus élaborés ou plus longs.

1.4. Comparaison des essais au vérin exécutés sur quelques sites de barrages.

1.41.

Pour mieux exploiter les résultats des essais au vérin que nous avons obtenus sur les sites des barrages de Ta Chien et Hendrik Verwoerd, nous avons analysé des résultats d'essais faits par les soins d'E.D.F., dans des conditions semblables, sur les sites des barrages suivants dont on trouvera une description géologique sommaire au chapitre A.III.

LAOUZAS (voûte ; 50 m)	10 essais
BESSEVE (enrochement ; 70 m)	16 essais
MONTEYNARD (voûte ; 150 m)	20 essais
GRBOUX (enrochement ; 67 m)	8 essais
MALPASSET (voûte détruite ; 67 m)	19 essais
GITTAZ (voûte épaisse ; 66 m)	20 essais
ST-CASSIEN (enrochement ; 66 m)	10 essais

Redisons que nos campagnes intéressaient :

TA CHIEN (voûte ; 200 m)	36 essais
HENDRIK VERWOERD (voûte ; 90 m)	18 essais
auxquels il faut ajouter les résultats effectués par nous sur un autre site de même type :	
VAN DER KLOOF (voûte ; 105 m)	15 essais

Dans tous les cas, les essais ont été réalisés suivant des techniques similaires. Les faces d'essais sont situées dans des galeries de reconnaissance creusées dans les flancs de la gorge à l'emplacement même du barrage. En général, ces essais ont intéressé le rocher sain, situé au-delà de la zone d'altération voisine de la surface topographique.

1.42. Résultats

1.421.

Nous avons, dans les tableaux XI et XII, utilisé un certain nombre de critères ; modules de déformation et coefficients de déformation dont les définitions ont été précisées au paragraphe 1.24.

Bien que sa définition prête à discussion, nous avons étudié la valeur moyenne du module de déformation élastique afin de conserver un chiffre caractérisant le rocher d'une manière classique. Les chiffres cités sont extraits des rapports d'essais ; il s'agit le plus souvent de modules sécants. Nous ne pensons pas qu'ils puissent être comparables à l'échelle du massif, aussi, n'utiliserons-nous ces valeurs que dans les interprétations physiques des déformations enregistrées et, pour un site donné, dans une étude des anisotropies éventuelles où nous recouperons parfois les résultats publiés par J.L. SERAFIM (1964).

1.422. Comparaisons

Les tableaux XI et XII donnent les valeurs des paramètres utilisés pour les comparaisons des sites entre eux ; E, ν , C et Cg définis plus haut. La figure 98 résume schématiquement quelques résultats.

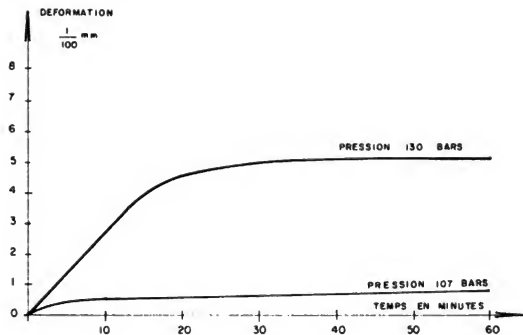


fig 87

BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

ESSAIS AUX VERINS

GALERIE RA 4 ESSAI N°1

MESURE DE DEFORMATION A PRESSION CONSTATE

a) Variations de $\frac{E}{P}$ (ou $\frac{C_p}{C}$) et de C_p .

La valeur $\frac{E}{P}$ traduit l'influence des discontinuités mobilisées par l'essai.

En effet, sur un site massif, $\frac{E}{P}$ serait voisin de un, par contre, plus les discontinuités et en particulier les joints sont ouverts, plus $\frac{E}{P}$ augmente.

Ces remarques sont valables avant la rupture, ce qui est le cas pour tous les essais analysés. Si $\frac{E}{P}$ est constant pour tous les essais, cela doit signifier que le volume de roche prospecté est homogène dans sa fracturation.

La valeur C_p traduit l'importance des phénomènes non élastiques. Un rocher parfaitement élastique, avant rupture, aura un $C_p = 0$; plus les joints seront remplis de matériaux plastiques ou plus le rocher sera finement divisé, plus C_p sera grand.

Nous allons donc examiner les différents cas suivants :

$\frac{E}{P}$ constant et C_p variable

$\frac{E}{P}$ variable et C_p constant

$\frac{E}{P}$ et C_p variables

- $\frac{E}{P}$ constant et C_p variable

Le site est homogène dans sa fracturation, mais dans quelques zones, on peut avoir des glissements de joints ou des tassements de remplissages mous. La valeur du module E peut donner une indication sur ces phénomènes non élastiques : à un faible module devra correspondre un tassement de remplissage mou, à un fort module plutôt des ajustement de joints secs.

Site de Ta Chien : - $\frac{E}{P}$ faibles (voisins de 1).

Les joints sont fermés à l'échelle du vérin.

- C_p assez variables, mais faibles ($\ll \frac{1}{100}$ mm par bar) et module E assez élevé. Il doit

se produire un glissement local des joints pendant la mise en pression.

Site de Hendrik Verwoerd (dolérites)

$\frac{E}{P}$ moyens (environ 5) et C_p variables mais faibles ($\ll \frac{1}{100}$ mm par bar). L'ouverture des joints est plus ac-

centuée que dans le cas précédent, mais les valeurs très élevées de E montrent qu'il s'agit de joints secs.

Site de Malpasset (gneiss)

$\frac{E}{P}$ faibles (1 à 4) mais C_p très variables et très grands (jusqu'à 1/10 mm par bar). Les joints sont fermés et la part élastique du déplacement, très faible. Les petites valeurs du module prouvent que c'est à petite échelle (inférieure à celle de l'essai) que doit intervenir un phénomène non élastique.

Site de Hendrik Verwoerd (argilites) et site de Van der Kloof (dolérites)

Les deux roches, pourtant très dissemblables, montrent les mêmes réactions : $\frac{E}{P}$ constants et petits (1 à 3) et C_p petits et variables (0,08 à 0,6 x 1/100 mm par bar). Les joints sont fermés et le rocher élastique ; la différence de nature de roche se retrouve dans les modules E .

- $\frac{E}{P}$ très variable et C_p pratiquement constant et faible

Il s'agit de roches où une grande part des déformations semble élastique, mais où l'influence des discontinuités est prédominante.

Site de la Gittaz

$\frac{E}{P}$ atteint 30 ; on se trouve devant une roche dont la matrice est excellente (modules E élevés), mais dont les nombreux joints sont ouverts et se rouvrent à chaque déchargement.

Site de Monteynard

$\frac{E}{P}$ atteint 50 ; le phénomène semble identique au précédent.

- Autres cas

Site de Laouzas

Les faibles valeurs de C_p ($\ll 0,5 \times 1/100$ mm par bar) montrent une roche de déformation en grande partie élastique ; les moyennes valeurs de $\frac{E}{P}$ sont dues au léger desserrage des joints.

Site de Besserve

Les points sont bien groupés ; le site est homogène dans son ensemble. Les C_p relativement grands et des modules E très moyens montrent que la part non élastique des déformations est importante et due sans doute à un film plastique dans les joints. Ceux-ci sont, de plus, assez ouverts puisque $\frac{E}{P}$ atteint 10.

Site de Gréoux

Les joints ne semblent pas, à part deux cas très singuliers, être particulièrement ouverts ; la roche paraît élastique ; C_p ne dépassant pas $1/100$ mm par bar, sauf dans quelques zones où se produisent des glissements de joints secs (E élevé).

Site de St-Cassien

Les C_p sont groupés autour de la valeur un ; les phénomènes non élastiques dans cette roche altérée sont non négligeables ; d'autre part, les valeurs de $\frac{E}{P}$ atteignent 15 ; les joints sont ouverts, parfois remplis de matériaux plastiques (module E assez faible).

Nous avons rassemblé tous ces renseignements sur un seul graphique (figure 98) afin d'obtenir un classement de sites par la méthode des essais au vérin.

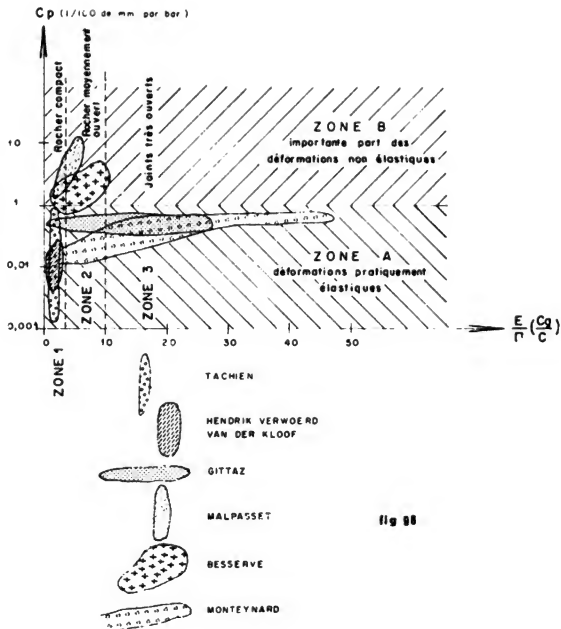
On obtient ainsi deux zones principales A et B limitées par une ligne $C_p = 1$, obtenue en remarquant que tous les résultats des essais faits sur des sites de barrages en béton sont représentés par des points situés en-dessous de cette ligne, à l'exception de ceux de Malpaset.

- La zone A groupe les points représentant une roche pratiquement élastique, d'autant plus qu'ils sont près des $C_p = 0$.
- La zone B groupe les cas où les déformations autres que celles purement élastiques sont importantes et peuvent condamner la solution voûte.

On peut également déterminer trois autres zones qui donnent des indications exploitables pour la détermination du traitement de peau du rocher en fond de fouille ; ces zones sont liées à l'ouverture de joints.

- La zone 1 où $\frac{E}{P} < 2$ ou 3 indique un rocher compact.
- La zone 2 où $\frac{E}{P} < 10$ indique un rocher moyennement ouvert.
- Au-delà, la zone 3, un rocher de plus en plus desserré.

Ces indications sont valables pour un volume de roche de quelques mètres cubes ; on voit donc que leur représentativité par rapport au massif est liée à la maille des joints, l'étude des écartements devient indispensable pour situer les phénomènes indiqués dans le cadre général de la fondation.



TENTATIVE DE CLASSEMENT DES ROCHES EN PLACE
 PAR L'EXPLOITATION DE RESULTATS D'ESSAIS AUX VERINS
 (DOMAINE DES DEFORMATIONS AVANT RUPTURE)

SITE	NATURE DE LA ROCHE	C.P. EN FONCTION DE $\frac{E}{P} \left(\frac{Cp}{C} \right)$ (Cp: 1/100 de mm par bar)	COEFFICIENT DE DEFORMATION GLOBALE C _g	MODULES DE DEFORMATION ELASTIQUES (BAR)	ANISOTROPIE DES MODULES
LAOUZAS (10 essais) E.D.F.	Granit clair et grosses migrolites engrenement distinct			E _H : 238 500 E _V : 275 000	différence relative 13%
BESSERVE (18 essais) E.D.F.	Granit e bicolore très distincte			E _H : 80 500 E _{HV} : 67 300 E _V : 68 000	150 000 différence relative 11%
VERVOERD (9 essais) B.S.	Dolerite très massive légèrement désaxée en surface			E : 264 000 sans distinction entre essais verticaux et horizontaux	
VERVOERD (9 essais) B.S.	Andrite sans compacte désaxée			E _H : 135 500 E _V : 121 500	
VAN DER ALDUF (11 essais) B.S.	Dolerite très massive			E _H : 240 000 E _V : 212 000	différence relative 12%
MONTEMARIE (170 essais) Z.O.F.	Calcaire marneux (poudage 45° axial) grandes cassures verticales			E _H : 675 000 E _{HV} : 711 000 E _V : 868 000	

SITE	NATURE DE LA ROCHE	Cp EN FONCTION DE $\frac{E}{P}$ ($\frac{Cp}{1/100}$ en mm. par sec.)	COEFFICIENT DE DEFORMATION GLOBALE Cg	MODELES DE DEFORMATION ELASTIQUES (EBR)	ANISOTROPIE DES MODULES
GREUX (13 essais) E.D.F.	Calcaires en banc horizontal diachassés Quelques failles soulagées par karstification			EH : 300.000 EV : 152.500	Très forte anisotropie due aux bancs horizontaux
MALPASSET (19 essais) E.D.F.	Gneiss très cristallins, amphiboles mylonitiques			EH : 15.600 EH2 : 15.700 EV : 8.400	
GITTAZ (120 essais) E.D.F.	Schistes cristallins très diachassés et densément en surface Pénégées verticales			Rive droite EH : 281.000 EV : 215.000 Rive gauche EH : 415.000 EV : 533.000	Anisotropie due aux bancs Différence relative: 18%
ST. CASSIEN (14 essais) E.D.F.	Gneiss à deux micas très cristallins et altérés en surface Failles verticales			E* : 69.500 EH2 : 94.000 EV : 148.000	Anisotropie due aux bancs Différence relative: 43%
TACHIEN (122 essais) B.S.	Quartzites diachassés en banc à pendage 70°-ouest			E* : 78.000 E+ : 95.000	Anisotropie due aux bancs Différence relative: 43%
TACHIEN (13 essais) B.S.	Schistes plus ou moins quartziteux (B.S.) 70°-ouest			E* : 52.000 E+ : 91.000	Anisotropie due aux bancs Différence relative: 43%

SITE	NATURE DE LA ROCHE	Cp EN FONCTION DE $\frac{E}{P} (\frac{Cp}{P})$ Cp (1/100 de mm par bar)	COEFFICIENT DE DEFORMATION GLOBALE Cg Cg (1/100 de mm par bar)	MODELES DE DEFORMATION ELASTIQUES (BAR)	ANISOTROPIE DES MODULES
GREOUX (13 essais) E.D.F.	Calcaires en bancs horizontaux décaisés, failles multiples par biertification			EH : 300.000 EV : 152.500	Très forte anisotropie des bancs horizontaux
MALPASSET (19 essais) E.D.F.	Gneiss très cristallins, nombreuses mylonites			EH1 : 15.600 EH2 : 15.700 EV : 8.400	Rive droite EH : 281.000 EV : 215.000 Rive gauche EH : 415.000 EV : 533.000
GITTAZ (20 essais) E.D.F.	Schistes cristallins très décaisés et desfaillés en surface Pénosaps verticaux			EH1 : 69.500 EH2 : 94.000 EV : 148.000	Anisotropie des bancs Différence relative: 18% Différence relative: 43%
St. CASSIEN (4 essais) E.D.F.	Gneiss à deux micas très cristallés en surface Failles verticales			E+ : 78.000 E+ : 95.000	Anisotropie des bancs Différence relative: 18% Différence relative: 43%
TACHIEN B 5	Quartzites diaclasés en banc à pendage 70° avant			E+ : 78.000 E+ : 95.000	Anisotropie des bancs Différence relative: 18% Différence relative: 43%
-CHIEN (5 essais) B 5	Schistes plus ou moins horizontaux en banc à pendage 70° avant			E+ : 78.000 E+ : 95.000	Anisotropie des bancs Différence relative: 18% Différence relative: 43%

b) - Courbes de variation des coefficients C_g

Ces courbes (tableaux XI et XII) montrent pour tous les cas analysés, une tendance à la stabilisation en fin d'essai : la plus ou moins grande pression nécessaire pour atteindre la stabilisation dépend de l'importance de la zone superficielle desserrée. Le tableau ci-après donne les pressions au-delà desquelles les variations des coefficients sont très faibles.

La Gittaz	125 bars
Hendrik Verwoerd (dolérite)	100 bars
Gréoux	100 bars
Monteynard	75 bars
Hendrik Verwoerd (argilite)	75 bars
Besserve	50 bars
Van Der Kloof	50 bars
St-Cassien	50 bars
Ta Chien (schiste)	25 bars
Malpasset	25 bars
Laouzas	25 bars
Ta Chien (quartzite)	25 bars

Au-dessus de cette pression, on peut espérer alors avoir éliminé une grande part de l'action de la zone superficielle desserrée.

Mais l'épaisseur de cette zone est intéressante à connaître, car c'est d'elle que dépend l'extension du traitement de peau de la fondation. On doit pouvoir en obtenir une idée par les pressions données dans le tableau précédent : plus la pression est grande, plus l'épaisseur de la zone desserrée risque d'être importante.

Nous sommes en bonne voie d'obtenir une corrélation expérimentale entre cette pression et des épaisseurs de zones desserrées obtenues par voie microsimulique.

c) - Dispersion des coefficients C_g

Les courbes représentant les variations de C_g (tableaux XI et XII) sont parfois très dispersées.

Dans les cas de St-Cassien et de Besserve, il pourrait être utile de faire d'autres essais à pression maximale plus élevée.

Dans le cas des schistes de Ta Chien, la dispersion vient de l'hétérogénéité de la roche. Ici, encore d'autres essais seraient utiles afin de préciser les répartitions et les qualités de différents schistes.

Dans le cas de Gréoux, bien que la dispersion semble encore notable, on devrait se contenter des essais disponibles en remarquant que les courbes supérieures sont relatives aux essais verticaux et les courbes inférieures aux essais horizontaux. Il y a donc également anisotropie dans la fracturation du rocher en plus de l'anisotropie de sédimentation.

Dans le cas des autres sites, les dispersions sont faibles et on peut se contenter des résultats disponibles.

d) - Anisotropie des modules de déformation élastique.

L'anisotropie des modules est liée soit aux bancs dans le cas de terrains bien lités : argilite, calcaire, quartzite, schiste et même dans une certaine mesure quelques gneiss, soit à la structure à grande échelle quand un réseau de discontinuités est prédominant, soit encore à la structure à petite échelle dans les gneiss et granites qui mettent alors en évidence, comme l'a montré J. L. SERAFIM (1964) le desserrage vers la vallée.

1.43. - Résultats annexes

Afin de compléter les résultats que peuvent fournir les essais au vérin, nous avons exploité les campagnes faites sur quelques sites en étudiant spécialement :

- les variations des déformations au sommet de chaque cycle,
- l'intersection de la courbe enveloppe et de l'axe des contraintes.

1.431. - Variations des déformations au sommet de chaque cycle

Rappelons que J. B. WALSH (1965) a montré que, pour un échantillon comportant une discontinuité, le module de déformation élastique de la matrice rocheuse était donné par la partie descendante de la courbe contrainte - déformation alors que la partie montante fournissait le module de l'échantillon : matrice plus discontinuité.

Les essais étant similaires - mêmes contraintes, plateaux du même ordre de diamètre - nous avons comparé, au lieu des modules, les coefficients de déformation au voisinage du sommet des cycles. Ces coefficients sont calculés à partir des tangentes au sommet des courbes (figure 99).

Nous définissons : C_c coefficient pour les contraintes croissantes,
 C_d coefficient pour les contraintes décroissantes.

La figure 99 donne les résultats globaux. Pour chaque contrainte maximale de cycle, on trouvera la valeur $\frac{C_c}{C_d}$. Afin de pouvoir comparer ces chiffres, nous avons calculé, par extrapolation ou interpolation, la valeur $\frac{C_c}{C_d}$ pour une contrainte de 100 bars.

Aux phénomènes d'hystérésis près, plus les valeurs de $\frac{C_c}{C_d}$ seront voisines de un, plus le milieu sera exempt de fissure ou, plus exactement, plus les fissures qui pourraient exister seront sans effet.

La figure 100 donne l'allure des variations de C_c et C_d avec la contrainte. On constate que l'augmentation de contrainte est souvent une cause de diminution d'effet de fissure : $\frac{C_c}{C_d}$ décroît avec la pression.

Par contre, pour quelques sites, $\frac{C_c}{C_d}$ reste constant (Van Der Kloof, Gittaz) ou même augmente. Si l'on compare les valeurs de $\frac{C_c}{C_d}$ pour une contrainte de 100 bars, on peut classer l'action des discontinuités dans le massif considéré, à l'échelle de l'essai, c'est-à-dire le mètre cube.

- Action faible : Van Der Kloof,
- Action moyenne : Malpasset, Hendrik Verwoerd, Laouzas, Gittaz,
- Action forte : Monteynard, Ta Chien, Gréoux, St-Cassien et Besserve.

Bien qu'ayant les mêmes résultats, quant à ce critère $\frac{C_c}{C_d}$, Malpasset et Hendrik Verwoerd sont fondamentalement différents ; le premier est extrêmement divisé mais comporte peu de discontinuités suivies, le second est au contraire coupé par quelques joints étendus et francs. La même distinction doit être faite entre Laouzas et La Gittaz.

Nous voyons donc que l'éventuelle utilisation du critère de WALSH, dans un essai au vérin, est intéressante mais demande, afin d'éviter de graves erreurs, à être intégrée dans l'interprétation générale de l'essai.

1.432. - Intersection de la courbe des enveloppes et de l'axe des contraintes.

Au cours des premiers cycles, on constate parfois que les déformations relatives sont d'abord faibles puis augmentent ensuite. Dans ce cas (figure 101) l'enveloppe des deux ou trois premiers cycles - très souvent une droite - intersecte l'axe des contraintes à une valeur σ_0 . On peut penser que cette lecture initiale est fonction de contraintes existant dans le massif avant l'essai.

Nous avons relevé, pour différents sites étudiés, les valeurs σ_0 lues sur les graphiques contraintes-déformations et les charges h de terrain situé au-dessus de l'essai.

La figure 101 montre les résultats globaux obtenus.

La figure 102 donne, pour les cas où l'on a obtenu des valeurs de σ_0 non nulles, les relations σ_0 h.

On constate :

- que le plus grand nombre d'essais donne $\sigma_0 = 0$
- qu'il n'y a pas de différence appréciable entre les essais horizontaux ou verticaux en calotte ou en radier,
- qu'il n'y a aucune relation fonctionnelle entre σ_0 et h.

SITE	CONTRAINTES AU SOMMET DE CHAQUE CYCLE																	
	15	20	30	35	40	50	60	70	80	100	105	120	140	150	160	175	200	320
BESSERVE		$\frac{3.92}{0.23}$			$\frac{2.91}{0}$		$\frac{2.24}{0}$		$\frac{2.15}{0}$	$\frac{2.10}{0}$								
S ¹ CASSIEN		$\frac{1.32}{0.20}$			$\frac{1.50}{0.08}$		$\frac{2.33}{0.08}$		$\frac{1.78}{0.04}$	$\frac{1.30}{0}$								
LAOUZAS						$\frac{0.47}{0.04}$				$\frac{0.36}{0.03}$				$\frac{0.30}{0.04}$			$\frac{0.26}{0.02}$	
MONTEYNARD					$\frac{0.42}{0}$				$\frac{0.30}{0}$	$\frac{0.25}{0}$		$\frac{0.21}{0}$				$\frac{0.17}{0}$		
LA GITTAZ					$\frac{1.15}{0.09}$				$\frac{0.91}{0.07}$	$\frac{0.75}{0.06}$		$\frac{0.63}{0.04}$				$\frac{0.56}{0.05}$		$\frac{0.32}{0.04}$
GREOUX					$\frac{1.07}{0.04}$				$\frac{0.96}{0.03}$	$\frac{0.80}{0.01}$		$\frac{0.80}{0}$				$\frac{0.36}{0}$		$\frac{0.36}{0}$
VAN DER KLOOF					$\frac{0.44}{0.12}$				$\frac{0.30}{0.08}$	$\frac{0.26}{0.05}$	$\frac{0.25}{0.04}$		$\frac{0.20}{0.03}$					$\frac{0.18}{0.03}$
H. VERWOERD					ARGILITE $\frac{0.29}{0.08}$				$\frac{0.58}{0.04}$	$\frac{0.40}{0.03}$	$\frac{0.43}{0.03}$		$\frac{0.33}{0.01}$					
					DOLERITE $\frac{0.88}{0.03}$				$\frac{0.88}{0.02}$	$\frac{0.40}{0.03}$	$\frac{0.45}{0.03}$		$\frac{0.34}{0}$					
MALPASSET	$\frac{11.70}{0.66}$		$\frac{0.12}{0.81}$			$\frac{5.07}{0.43}$	$\frac{4.20}{0.49}$	$\frac{4.20}{0.49}$		$\frac{4.10}{3.45}$								
TACHIEN		$\frac{0.49}{0}$				$\frac{0.78}{0}$				$\frac{0.63}{0}$	$\frac{0.58}{0}$		$\frac{0.56}{0}$				$\frac{0.55}{0}$	

* Valeurs interpolées ou extrapolées

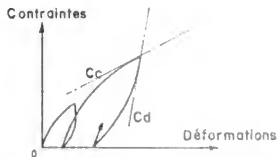
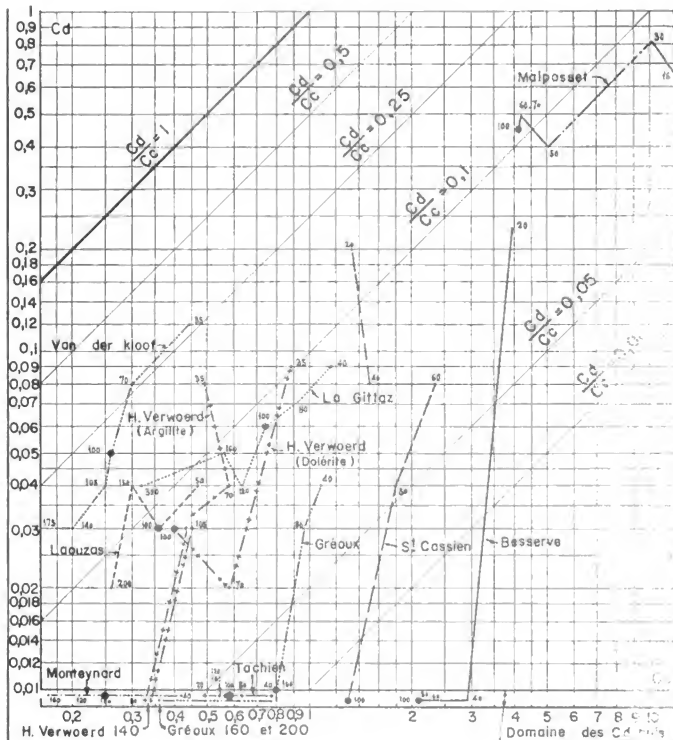
Contraintes



ESSAIS AU VERIN

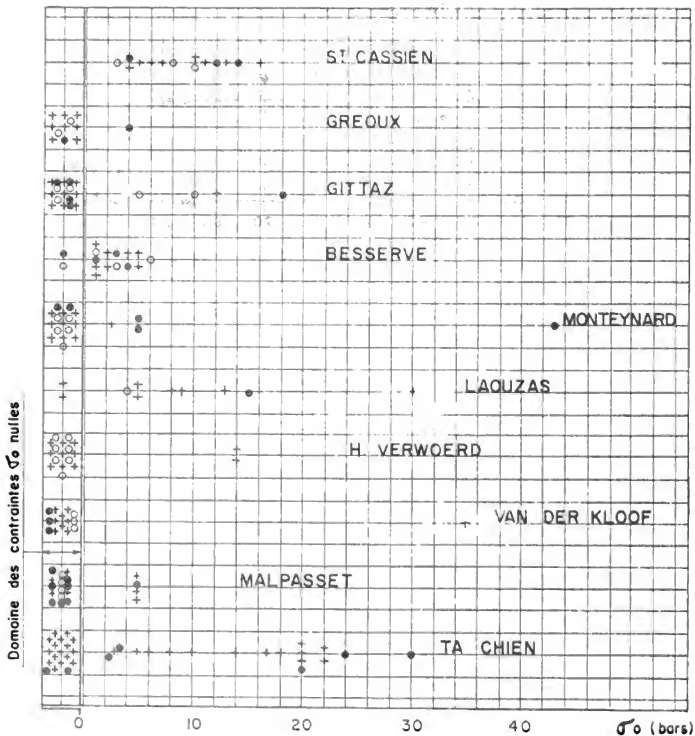
VARIATIONS DES COEFFICIENTS DE DEFORMATION AU SOMMET DES CYCLES POUR DIFFERENTES CONTRAINTES

fig 99.



ESSAIS AU VERIN
 COEFFICIENTS DE DEFORMATION
 C_c ET C_d EN FONCTION DE LA
 CONTRAINTE

fig 100.



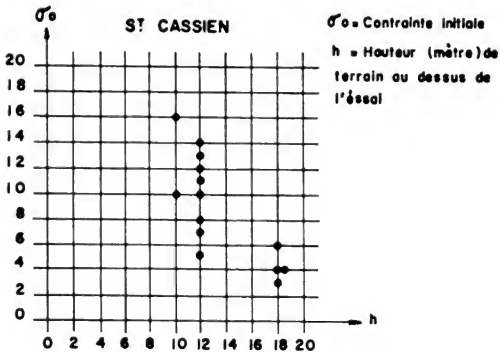
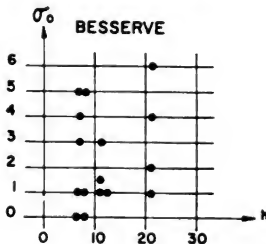
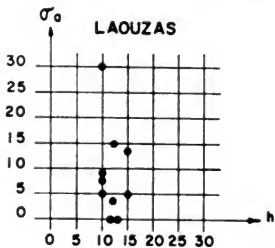
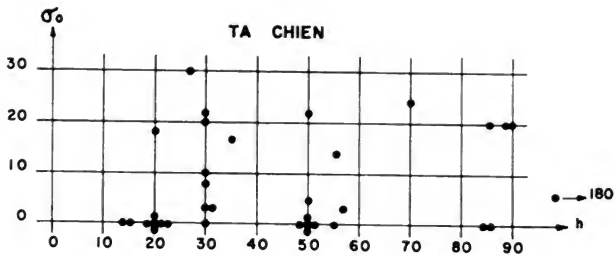
Contraintes

- Essai vertical en radier - o Essai vertical en calotte
- + Essai horizontal



ESSAIS AU VERIN
 CONTRAINTE INITIALES
 RESULTATS GENERAUX

1/101



ESSAIS AU VERIN
fig 102. **CONSTRAINTES INITIALES RESULTAT PARTIEL**

Pour le cas de Hendrik Verwoerd et de Van Der Kloof, nous avons pu mesurer par ailleurs des contraintes internes de l'ordre de plusieurs dizaines de bars sans que σ_3 traduise ces contraintes.

Nous pensons que, dans la plupart des essais, la frange de terrain affectée par le tir et le desserrage de surface masque complètement le phénomène.

L'essai au vérin est technologiquement complexe, aussi pensons-nous qu'il est préférable d'abandonner cette tentative de mesure de contraintes en paroi, qui demanderait une purge prohibitive des surfaces, au bénéfice d'essais plus simples, plus rapides et surtout plus nombreux.

1.5. - Conclusion

La complexité des phénomènes que nous venons d'étudier rend difficile le choix des valeurs à utiliser dans une formule, tirée de la théorie de l'élasticité, donnant le module élastique du rocher ; la notion même en est à revoir. Pourtant, son utilisation par l'ingénieur est indispensable car elle est nécessitée par les calculs élastiques des déformations et des contraintes de la structure projetée.

On déterminera donc les cas où l'on ne peut pas obtenir, par l'essai de déformation à la paroi, la vérification satisfaisante d'un comportement pratiquement élastique (par exemple, nous avons proposé $C_p < 1$). A ces cas là, on réservera les ouvrages conçus pour s'adapter à des déformations permanentes importantes.

Dans le domaine des déformations jugées élastiques, on ne peut admettre que celles qui sont modérées ; le traitement de peau des fondations par injection permet toutefois de ramener les grandes déformations dans des limites permises.

Le calcul, ou plutôt l'estimation du module de déformation élastique du volume de roche voisin de l'essai peut se faire, quand on a fait la vérification d'un comportement pratiquement élastique, à l'aide des déformations du cratère comme l'ont proposé P. DUFFAUT et J. LACKSHMANAN (1966).

La validité de la transposition de ces résultats locaux au site proprement dit est liée à la dimension des plateaux et à la maille de la fracturation. MULLER (1963) propose d'inclure 10 discontinuités dans le volume de roche intéressé par l'essai pour que les résultats commencent à être significatifs.

Au cours de nos mesures, nous avons obtenu des résultats cohérents en respectant des conditions très voisines de cette règle. Mais ceci impose, dans bien des cas, des dimensions d'essai énormes comme sur le site de Kurobé au Japon par exemple. L'usage de tels essais est un cas d'espèce ; le prix en est considérable.

Nous venons de voir, une fois de plus, l'influence fondamentale de la structure du site qui, dans l'essai au vérin, régit la signification de l'essai et la validité des transpositions, à grande échelle, des résultats obtenus. C'est l'étude de nombreux critères, autres que les simples modules trop souvent uniquement utilisés, qui redonne à l'essai au vérin la valeur que lui nient de très nombreux ingénieurs.

2. - Essais de petite sismique.

Nous avons abordé précédemment des volumes de roches de plus en plus grands sans toutefois dépasser quelques mètres cubes.

Nous possédons avec la géophysique un moyen d'étendre l'investigation d'une roche à des volumes importants. Cependant, les projecteurs de grands ouvrages ne tirent pas toujours la meilleure substance du procédé ; certains ont tendance à refuser systématiquement tout ce que la géophysique peut apporter, d'autres, par contre, acceptent sans critiquer les résultats même quand ils sont des plus hypothétiques.

Nous allons analyser la branche importante de la géophysique qu'est la sismique. Il n'est pas de notre propos d'aborder le problème à la même échelle que celle des prospections pétrolières, qui intéressent des épaisseurs de terrains de l'ordre d'un kilomètre, ni à l'échelle des prospections ultrasoniques étudiant à peine le mètre. Le massif de fondation du barrage nécessite une étude de volumes de quelques milliers de mètres cubes, ce qui impose alors une base de mesure de l'ordre de 50 mètres.

Nous verrons, au cours des développements qui suivent, que l'utilisation que nous faisons de la méthode sismique s'est écartée dès le départ des chemins habituellement suivis, qui consistent en une recherche géométrique des zones ou singularités géologiques.

Nous cherchons à délimiter des volumes rocheux qui soient homogènes en grand et nous les caractérisons - contrairement à l'habitude de ne choisir que la seule vitesse de propagation d'une onde - par le plus grand nombre de critères sismiques possibles : vitesse d'ondes, amortissement, fréquence, timbre.

2.1. - Les ondes sismiques

Il est d'usage de considérer que la théorie de l'élasticité s'applique aux lois de propagation des ondes sismiques, car elle lie proportionnellement des efforts et des déformations faibles, à condition qu'on s'éloigne de la source d'ébranlement. Des ondes de nature différente se propagent dans un milieu élastique.

2.11. - Onde plane longitudinale

Dans un milieu illimité, homogène, isotrope, de poids spécifique ρ , imaginons un plan d'abscisse x (figure 103), perpendiculaire à l'axe Ox , se déplaçant d'une quantité u par suite des déformations impliquées par l'application de contraintes parallèles à Ox . Les déformations ne dépendent que de x et du temps t suivant la relation classique :

$$(1) \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\rho}{A} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0$$

dans laquelle A est le module d'allongement transversal.

Si on imagine une particule élémentaire dont le mouvement est parallèle à la direction Ox, c'est-à-dire à u, elle vibrera au passage d'une onde répondant à l'équation (1) dont la vitesse de propagation est :

$$v_L = \sqrt{\frac{A}{\rho}}$$

Or, on sait que :

$$A = E \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

où E est le module de Young et ν le coefficient de Poisson sismiques.

$$\text{On en tire donc : } v_L = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}}$$

Considérons deux particules situées sur l'axe Ox à une distance telle que leur mouvement soit en opposition de phase. Le segment de matière, qui les relie, est soumis à une suite de compressions et de tractions. L'onde qui est à l'origine de ce mouvement, appelée onde longitudinale puisqu'elle crée des mouvements de particules le long de l'axe de propagation, est une onde de compression.

2.12. - Onde plane transversale.

Dans le cas d'une tension tangentielle τ appliquée en tous points d'un plan d'abscisse x (figure 104), l'équation de propagation du phénomène est :

$$(2) \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\rho}{G} \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = 0$$

dans laquelle G est le module de déformation par cisaillement.

Si on imagine une particule élémentaire dont le mouvement est perpendiculaire à l'axe Ox, c'est-à-dire suivant v, elle vibrera au passage d'une onde répondant à l'équation (2) dont la vitesse de propagation est :

$$v_T = \sqrt{\frac{G}{\rho}}$$

$$\text{on sait que : } G = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

on en tire donc :

$$v_T = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{2(1 + \nu)}}$$

Considérons deux particules situées sur l'axe Ox à une distance telle que leur mouvement soit en opposition de phase. Le segment de matière qui les relie est soumis à des déviations angulaires sans changement de dimensions.

L'onde qui est à l'origine de ce mouvement, appelée onde transversale puisqu'elle crée des mouvements de particules perpendiculaires à l'axe de propagation, est une onde de cisaillement.

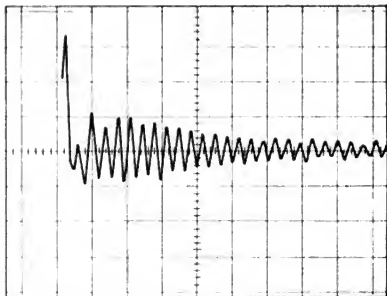
2.13. - Ondes annexes.

En plus des ondes planes intéressantes à un milieu infini, il faut envisager d'autres phénomènes qui s'appliquent quand le milieu est semi-infini. On trouve alors que, en plus des deux ondes précédentes qui restent valables et se propagent en profondeur, il faut distinguer une onde de surface dite de Rayleigh, qui se propage avec une vitesse plus faible que les deux autres et une onde également de surface dite de Love, encore plus lente, dont les mouvements sont plus complexes. Etant donné leur vitesse inférieure à celle des ondes de volume, on les distingue aisément de ces dernières qui, seules, font l'objet de nos mesures.

2.2. - Critique

La théorie précédente sur la propagation des ondes sismiques, utilise la théorie de l'élasticité, c'est-à-dire une loi valable dans un milieu élastique, isotrope, homogène, continu, infini.

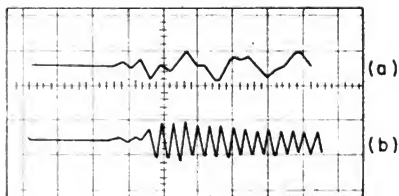
Pratiquement, de nombreuses difficultés s'opposent à un traitement mathématique du problème. Il suffit de rappeler que :



Enregistrement d'une onde transversale produite à 5m du géophone, par une masse de 5kg tombant de 1m. Impact sur le rocher

H[↑] 5 millisecondes par carreau
V[↑] 5 millivolts par carreau

CALCAIRE DE S^{te} CROIX



Enregistrement d'une onde longitudinale (a) et d'une onde transversale (b) produite à 16m du géophone par une masse de 5kg tombant de 1m. Impact sur le rocher

H[↑] 2 millisecondes par carreau
V[↑] 2 millivolts par carreau

CALCAIRE DE S^{te} CROIX

PETITE SISMOLOGIE

Ondes longitudinales et transversales

- le corps rocheux n'est pas homogène ni isotrope, aussi bien à petite échelle - celle du cristal - qu'à grande échelle - celle des cassures et des bancs - .
- D'autre part, la zone en général prospectée n'est pas illimitée puisque les mesures ont toujours lieu soit en surface, le milieu étant alors semi-infini, soit dans une galerie dont les dimensions sont du même ordre de grandeur que celles des profils.

La théorie de propagation d'une onde d'ébranlement dans un milieu qui ne serait ni homogène, ni illimité, ni isotrope dépasse le cadre de ce travail, aussi avons-nous préféré aborder le problème de l'étude d'un site par voie sismique sous l'angle empirique, c'est-à-dire par la mesure et la comparaison de critères nombreux. Pour cela, nous avons d'une part sélectionné un matériel pratique, d'autre part fait avec ce matériel de très nombreuses mesures avec une technique normalisée au maximum. Nous avons ensuite utilisé ces mesures comparativement entre elles pour essayer non pas de caractériser un site par la valeur d'un coefficient quel qu'il soit, mais de classer qualitativement les sites les uns par rapport aux autres. Nous avons seulement essayé de caractériser quantitativement un site en reliant expérimentalement modules sismiques et statiques.

2.3. - Types d'ondes analysés.

Dans notre tentative d'employer les ondes sismiques comme moyen de caractériser un massif rocheux, nous n'utiliserons que l'onde réfractée. En effet, un milieu rocheux peut, en première approximation, se représenter comme une série de couches parallèles à la surface, dont la compacité augmente avec la profondeur. Entre le point d'impact de la masse et le capteur, le rayon sismique le plus rapide, seul perçu par l'appareil, ne suivra pas nécessairement la plus courte distance géométrique ; il subira une série de réfractions élémentaires au passage de chaque couche de sorte que sa trajectoire s'enfoncera d'abord pour remonter ensuite ; la profondeur atteinte dépend des compacités relatives ; on admet usuellement qu'elle atteint, dans les milieux rocheux très diaclasés, le tiers de la distance géométrique émetteur-récepteur.

Nous essayerons, parmi les ondes longitudinales et transversales provenant des réfractions successives, de ne capter, par l'intermédiaire de récepteurs sélectifs, que le phénomène transversal ou longitudinal au choix (figure 105).

2.4. - Choix du matériel.

Le matériel que l'on trouve classiquement dans le commerce pour les mesures sismiques se compose d'un générateur de vibration, d'un capteur de vibration et d'un compteur de temps. On crée dans le sol une série d'ondes successives appelée train d'onde qui peut être soit irrégulier lorsqu'il s'agit d'un choc, d'une explosion, soit régulier quand il est produit par des vibreurs.

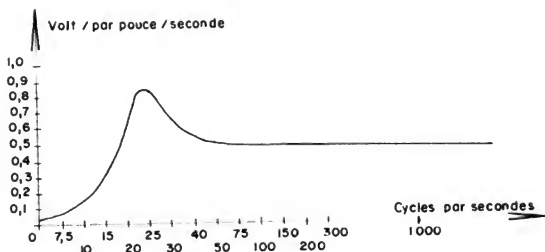
Comme nous devons utiliser l'appareil sur de nombreux sites, parfois à l'étranger, et toujours dans des conditions assez difficiles, nous avons choisi le choc produit par un marteau frappant sur la roche, le marteau étant manœuvré directement par un homme. Nous avons retenu une masse, couramment vendue dans le commerce, d'un poids standard de 6,4 kg (14 livres anglaises) et, afin de limiter au maximum l'encombrement pendant les transports, nous avons pris l'habitude d'acheter sur le lieu de l'emploi, chaque fois, un marteau correspondant aux caractéristiques du marteau type.

Les capteurs sont de plusieurs types ; ils peuvent soit mesurer le déplacement, soit la vitesse, soit l'accélération des particules de terrain sur lequel ils sont posés.

Les appareils mesurant l'amplitude des déplacements sont fragiles et lourds, ce qui condamne leur utilisation dans le cas présent. Les autres appareils sont soit les géophones mesurant les vitesses, soit les accéléromètres mesurant les accélérations.

Ils sont constitués d'un bâti léger directement posé sur le sol à l'intérieur duquel des masselottes métalliques suspendues par des ressorts de rappel portent un système de bobinage qui transforme les mouvements induits en impulsions électriques. Par construction, les masselottes ne peuvent enregistrer que, soit des mouvements verticaux, soit des mouvements horizontaux. On aura donc affaire à des géophones, soit verticaux capables surtout de capter les ondes transversales, soit horizontaux capables surtout de capter les ondes longitudinales.

Toujours par souci de robustesse et d'économie, nous avons choisi des géophones mesurant la vitesse de déplacement du terrain. Ce sont, en effet les plus robustes et les moins encombrants pour une grande sensibilité. La figure 106 donne la courbe de réponse des géophones utilisés. Sur le terrain, les fréquences enregistrées sont supérieures à 100, la réponse de l'appareil est donc pratiquement constante.



Courbe de réponse des géophones Hall-Sears HS - 1
en circuit ouvert.

Fréquence propre : environ 23 cps

Résistance interne : 215 ohms

fig 106.

Les indications reçues par le géophone sont transmises à un appareil : "le sismographe" qui est en réalité un compteur de temps. Pour des raisons d'encombrement et de prix, nous avons choisi le M.D.1. (Geophysical Specialties Co) que nous avons modifié pour pouvoir effectuer des lectures rapides avec plusieurs types de géophones d'une part et d'autre part pour qu'il puisse être couplé avec un oscilloscope.

Pendant la première partie de nos expériences, nous avons utilisé le M.D.1. en contrôlant les observations avec un oscilloscope de laboratoire (ces premières mesures ont été faites sur le carreau d'une carrière).

Les figures 107 a et b montrent tous les constituants de l'appareil utilisé :

- le sismographe proprement dit (figure 108),
- la boîte d'accessoires contenant géophone, fils électriques, etc. . . .
- le marteau et son contact.

Le tout pèse une quinzaine de kg.



**MATERIEL POUR PETITE SISMIQUE
 PRET POUR LE TRANSPORT.
 (POID TOTAL 16 Kg.) SANS LE
 MARTEAU.**

Marteau de 7 kg.

Boite a accessoire

Sismographe

Amplificateur acoustique

Marteau de géologue



**MATERIEL POUR PETITE SISMIQUE
 PRET A L'EMPLOI**

Contact électrique a inertie
 monté sur la masse

Sismographe

Geophone

Scleromètre

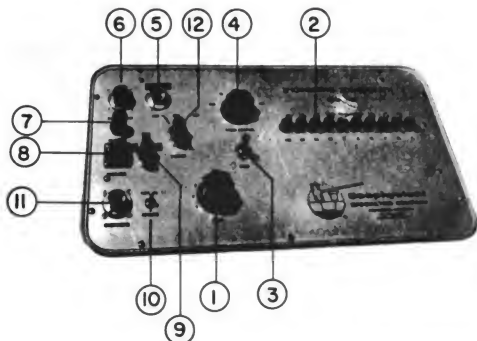
Amplificateur de son et ses écouteurs

Ruban gradué en distance

Boussole de terrain

Fils électriques reliant le marteau
 au sismographe

APPAREILLAGE POUR PETITE SISMIQUE



Vue du sismographe MD1 modifié par nos soins

- 1 - Bouton de l'amplificateur de puissance gradué de 1 à 9 (amplification linéaire)
- 2 - Lampes du compteur de temps. Valeur en millisecondes
- 3 - Bouton de remise à zéro du compteur
- 4 - Dispositif d'élimination des bruits parasites en dessous d'une certaine valeur de temps
- 5 - Prise pour oscillographe
- 6 - Prise pour amplificateur acoustique
- 7 - Prise de masse (terre)
- 8 - Prise du fil de contact (marteau)
- 9 - Sélecteur de géophone (une position géophone vertical, 2 positions pour géophones horizontaux)
- 10 - Levier de sélection mesure normale - mesure inversée
- 11 - Prise du fil blindé géophone
- 12 - Interrupteur de mise en marche (batteries uniquement)

APPAREIL MD 1 MODIFIÉ

2.5. - Mode opératoire

La fonction de base du M.D.1. est de mesurer le temps que met une onde produite par le choc d'un marteau à se transmettre jusqu'au géophone.

Le compteur de temps commence à fonctionner au moment où les deux lèvres du contacteur fixé au marteau viennent en contact. Or, comme l'ouverture de ces lèvres au départ n'est pas négligeable, il se passe un certain temps entre l'instant où le fer de la masse touche le rocher, c'est-à-dire l'instant réel de départ de l'onde, et le moment où le contact s'effectue. Si on suppose une vitesse de frappe de 1 mètre par seconde, on trouve donc un retard de 1 milliseconde par millimètre d'ouverture. Nous avons donc réglé l'ouverture à 0,25 mm pour rester dans la limite de précision du compteur (1/4 de milliseconde) ; cette ouverture est systématiquement vérifiée avec une cale d'épaisseur.

Nous verrons qu'il est très important d'obtenir la vitesse des ondes longitudinales et transversales. En utilisant successivement, à la même place, des géophones directionnels, on peut ainsi mesurer des temps correspondant au passage de l'une ou l'autre onde.

L'appareil comporte une amplification électronique commandée par un bouton gradué de 1 à 9 qui permet de grandir le signal reçu par le géophone, le niveau du compteur restant constant. Si le niveau d'amplification est réglé relativement bas, le compteur ne fonctionnera que pour les amplitudes importantes et vice versa.

L'appareil comporte également un inverseur de phase capable de déclencher le comptage soit au moment où la partie positive de l'onde sinusoïdale, soit au contraire au moment où la partie négative de l'onde arrive au géophone (repère 10, figure 108).

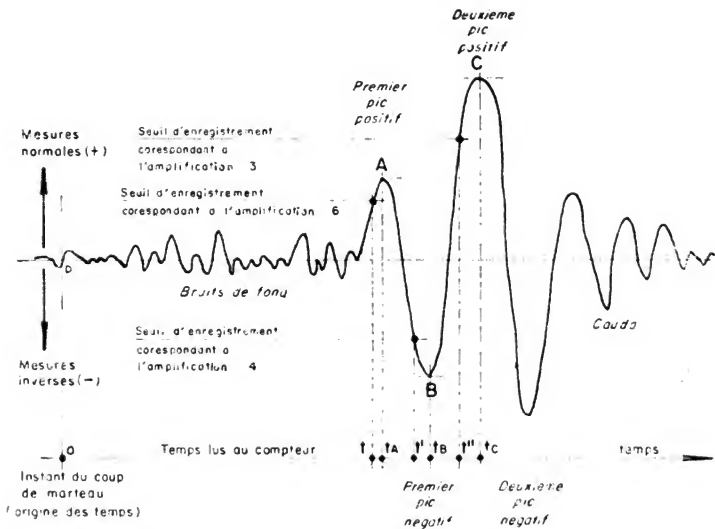
Avec ces deux dispositifs, amplificateur et inverseur de phase, nous avons pu obtenir les deux caractéristiques : amplitude et longueur d'onde des premières sinusoïdes. La figure 109 montre quelle est la forme sur le cadran de l'oscilloscope d'une onde recueillie par un géophone vertical situé à plusieurs dizaines de mètres de la source d'ébranlement. A partir du moment O, origine du comptage, on distingue usuellement, après les petits mouvements dus aux bruits de fond, une première pointe positive, une deuxième pointe négative, une troisième pointe positive très souvent supérieure à la première et enfin une cauda, succession irrégulière de vibrations plus ou moins importantes. La cauda est difficilement interprétable ; on arrive parfois en comparant les sismogrammes de géophones voisins à mettre en évidence des changements d'allures, mais nous ne nous sommes préoccupés, toutefois, dans ce travail que de la mesure des deux premières pointes. Nous verrons cependant que nous avons pu apprécier la cauda et en tirer des renseignements qui justifieraient une étude théorique.

Le jeu du bouton d'amplification et la mesure de la partie positive ou négative de l'onde permet, par itération, d'encadrer les pics pour lesquels on lira les temps t_A , t_B et t_C avec le gain d'amplification respectif.

Par construction, l'amplification est proportionnelle au carré des lectures de gain entre les valeurs 1 et 9 du cadran, il est ainsi facile de caractériser parfaitement les trois premières sinusoïdes de l'onde.

Mais ceci impose que le choc soit produit au même endroit avec la même puissance. Or, s'il est aisé de produire le choc, pratiquement au même endroit (la précision atteinte par un homme manoeuvrant un marteau est d'une dizaine de centimètres, tout à fait négligeables devant les dizaines de mètres qui séparent le géophone du point d'impact), il semble, par contre, difficile de mettre en jeu des énergies constantes à chaque choc. En fait, nous avons observé lors des essais avec l'oscilloscope que si on faisait tomber le marteau d'une hauteur constante, en utilisant si possible toujours le même manoeuvre, les amplitudes étaient très voisines pour toute une série de chocs. Nous avons reculé volontairement devant l'utilisation d'un moulin taré, apportant finalement une précision superflue et par contre lourd et encombrant.

Si l'observation des amplitudes, à l'aide de l'oscilloscope, nous a montré qu'elles étaient assez peu influencées par des variations faibles de la puissance de la frappe, nous avons observé, par contre, qu'elles étaient énormément influencées par la qualité du rocher à l'emplacement du choc. Par exemple, dans une galerie, à la même distance du géophone, si la face gauche est beaucoup plus dure que la face droite, les amplitudes reçues après un choc à gauche sont extrêmement importantes alors que les amplitudes des ondes produites par un choc à droite sont beaucoup plus faibles, la différence correspondant à plusieurs unités du cadran de l'amplificateur, les vitesses de propagation étant les mêmes. Nous avons donc essayé, dans la mesure du possible au cours d'un profil de mesures, de produire



La demi-longueur d'onde est $(t_B - t_A) V_T$

La fréquence est $\frac{1}{2(t_B - t_A)}$

ENREGISTREMENT DU SIGNAL PRODUIT PAR UN GÉOPHONE
SENSIBLE AUX VITESSES DE DÉPLACEMENT DES PARTICULES

TYPE DE SEISMOGRAMME D'UNE ONDE TRANSVERSALE

fig 109.

les chocs avec une énergie humainement constante et sur un rocher de même qualité. Pour cela, nous avons utilisé un appareil portatif utilisé couramment dans les laboratoires ; le scléromètre SCHMIDT ; c est un appareil basé sur la puissance de rebondissement d'une tige qui est mise en mouvement à énergie constante par un ressort.

L'utilisation pratique du scléromètre dans notre méthode est la suivante. On procède d'abord à la détermination de la caractéristique sclérométrique moyenne du site par méthode statistique. Pour cela, l'opérateur parcourt le site et note successivement les valeurs relevées sur tous les affleurements de qualité qu'il aura d'abord sondé rapidement avec un petit marteau de géologue pour que le son rendu soit clair. Pour tirer une courbe statistique correcte, l'expérience demande plusieurs centaines de lectures ; la traduction graphique de ces lectures est une courbe en cloche, du type courbe de Gauss, qui donne une valeur moyenne pour le site. Lors de l'exécution du profil sismique, l'opérateur cherche à déterminer (figure 110 a) un emplacement de choc dont la lecture sclérométrique moyenne, c'est-à-dire le produit moyen de 5 ou 6 lectures élémentaires, se rapproche le plus possible de la lecture moyenne statistique du site (figure 110 b).

Le manœuvre produit ensuite avec sa masse une série de chocs à énergie constante, par exemple en la laissant tomber naturellement d'une même hauteur (figure 110 c). Pour chaque choc, des lectures sont effectuées ; l'opération est répétée ensuite en s'éloignant progressivement du géophone tous les deux ou trois mètres par exemple.

L'opérateur note pour chaque point et pour chaque type de géophone :

- la valeur sclérométrique de la surface,
- le temps de parcours en millisecondes de la première pointe positive et son amplification minimale,
- le temps de parcours de la première pointe négative et son amplification minimale.

Sur un graphique où les distances sont en abscisse, on porte en ordonnée les temps, les valeurs sclérométriques et les valeurs des amplifications pour chaque point. On y ajoute une description géologique sommaire (figure 111).

On peut ainsi déterminer des séries de courbes donnant les variations en fonction de la distance :

- du temps de parcours de l'oscillation positive et négative,
- des amplifications juste nécessaires à déceler l'une et l'autre de ces oscillations,
- des valeurs sclérométriques.

Plutôt que de caractériser un profil par la distance au-delà de laquelle on ne peut pas aller parce que l'énergie du marteau est insuffisante, nous avons limité le profil de telle façon que les points caractérisant les mesures de temps restent alignés. Autrement dit, on définit un certain volume de roche où la vitesse de l'onde reste constante.

Rappelons que les vitesses longitudinales caractérisaient les compressions et les extensions de matière, alors que les vitesses transversales caractérisaient des cisaillements. Par la comparaison de sites, qui sont, répétons le, non isotropes et non homogènes, nous avons trouvé que c'était la vitesse transversale qui était la plus intéressante à étudier, car c'est elle qui a tendance à varier le plus en fonction précisément de l'anisotropie et de la non homogénéité du massif. Aussi, nous sommes-nous fixés l'observation de cette vitesse transversale pour la limitation de la longueur des profils.

2.6. - Interprétation des mesures.

2.61. - Fréquences

Le produit de la vitesse de translation de l'onde par la différence de temps de parcours entre la première pointe positive et la première pointe négative, donne la demi-longueur de la première manifestation de l'onde, donc sa fréquence.

On sait que la fréquence prédominante, c'est-à-dire la fréquence des deux ou trois premières pointes change en fonction de la distance au point d'émission, SZENDREI (1960) a trouvé pour un certain nombre de milieux, que la fréquence diminuait avec la distance en restant toutefois peu variable entre 5 et 25-30 m. Ces variations de fréquence sont inférieures à l'écart de fréquence dû à la précision de notre appareil (1/4 de milliseconde) pour les vitesses couramment mesurées : 2000 à 3500 m/s et des longueurs d'ondes de 6 à 20 m. On peut toutefois remarquer, pour les profils très longs (50 m), une augmentation de la différence des lectures de temps pour les pics positifs et



**DETERMINATION AU MARTEAU DE
GEOLOGUE D'UNE SURFACE DE
ROCHER SAIN**



**MESURE AU SCLEROMETRE SCHMIDT
DE 5 OU 6 POINTS DE LA SURFACE**



Masse de 7 kg

Ruban gradué en distances

Sismographe MD1

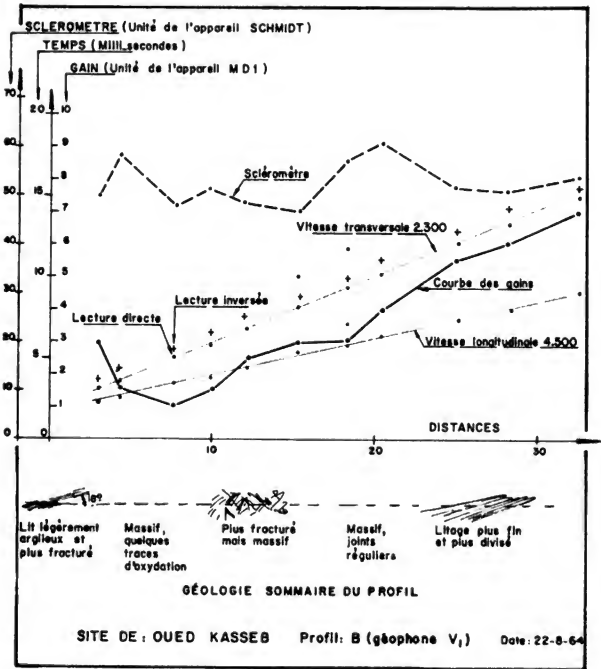
Geophones

Scleromètre

Marteau de géologue

MESURES EN UN POINT DU PROFIL

OPERATIONS TYPES DE PETITE SISMOLOGIE



EXEMPLE DE GRAPHIQUE DONNÉ PAR LA MESURE D'UN PROFIL ROCHEUX EN GALERIE

négatifs en fonction de la distance, aussi avons-nous usuellement mesuré les longueurs d'onde dans la plage de distance 5 m - 30 m où elles semblent pratiquement constantes.

Nous nous sommes bornés à étudier seulement les premières manifestations de l'onde, car l'enregistrement du train d'onde est impossible à obtenir avec le M.D.1. Nous verrons cependant plus loin, que nous pouvons apprécier l'importance de la cauda par adjonction d'un dispositif acoustique.

2.62. - Pertes d'énergie

On a très souvent cherché à caractériser un milieu rocheux ou terreux par l'amortissement d'un signal en fonction de la distance (HALL 1963 - KESSLER 1953, 1962 - SELIG 1965),

Au cours des profils que nous avons effectués, nous avons suivi la variation d'amplitude du premier pic positif de l'onde transversale caractérisée par les lectures du potentiomètre d'amplification. Par construction, l'amplification est sensiblement proportionnelle au carré des lectures de gain. Si nous avons obtenu l'amplification tout juste nécessaire à recevoir la première pointe, nous avons donc une lecture de gain proportionnelle à la racine carrée de l'amplitude. Notons qu'avec les géophones utilisés, il s'agit d'une amplitude de vitesse de déplacement de particules.

Les amplitudes étant liées aux énergies, nous nous sommes efforcés d'émettre l'onde à énergie constante l'amortissement du signal que nous mesurons est donc représentatif des pertes d'énergie subies par l'onde en fonction de la distance de parcours.

Au cours de nos mesures, nous avons généralement trouvé, dans le cas de rocher peu fissuré, une bonne proportionnalité entre gain et distance :

$$G = K_1 x$$

Par construction, l'amplification est proportionnelle au carré des gains :

$$\text{amplification} = K_2 G^2$$

$$\text{d'où} \quad \text{amplification} = K_3 x^2$$

Or, pour le niveau de sensibilité du compteur, l'amplification est inversement proportionnelle à l'amplitude du signal A

$$A = \frac{K_4}{\text{Amplification}}$$

d'où $A = K x^{-2}$, résultat conforme à ceux publiés par SZENDREI (1960) et RIKER (1963) qui proposent :

$$A = K x^{-n}$$

avec $n = 2$ pour l'onde transversale

et $n = \frac{5}{2}$ pour l'onde longitudinale.

De son côté, LANGER (1964), avec la même formule, a trouvé n compris entre 1,5 et 2,5 avec semble-t-il des valeurs plus faibles pour une propagation parallèle aux strates que perpendiculairement à elles.

2.63. - Etude des sons reçus par le géophone.

Les longueurs d'onde mesurées correspondent à des fréquences qui sont celles de sons audibles par l'oreille humaine. Nous avons donc essayé, par une amplification correcte, de les rendre perceptibles par l'opérateur.

2.631. - Ecoute des bruits produits par la masse frappant le rocher.

Pour chacun des points de station, en plus des mesures citées dans le chapitre précédent, l'opérateur caractérise son interprétation personnelle des bruits reçus dans les écouteurs.

Par expérience, nous avons classé en trois catégories les caractéristiques des bruits :

- a) - le timbre qui caractérise la pureté du son : le son est pur ou au contraire semblable à celui d'une cloche fêlée.

De plus, la résonance perçue donne une indication sur la durée de la cauda du train d'onde.

- b) - La force du bruit ; le bruit est fort, moyen ou faible.
- c) - La hauteur de la note perçue ; le son est aigu, moyen ou grave, (nous nous servons d'un pipeau pour apprécier la hauteur du son reçu).

De ces trois valeurs, le timbre seul est une appréciation originale. En effet, l'intensité du bruit étant une fonction de l'amplitude de l'onde, on doit vérifier qu'un bruit fort correspond à une amplitude assez importante, c'est-à-dire à un gain faible sur l'appareil. D'autre part, à la hauteur du son reçu, correspond la longueur d'onde. On doit vérifier qu'à un son grave correspond une longueur d'onde grande.

Au cours des mesures, nous nous attachons donc à caractériser le bruit reçu par le timbre. Nous avons trouvé que les roches dures, peu fissurées, donnaient des sons brefs et mats, alors que les roches très divisées donnaient des sons longs très chantants. Les observations sont valables à une distance d'une vingtaine de mètres de la source du bruit ; plus près de cette source, le son est trop bref et l'oreille ne peut plus alors faire de distinction.

D'autre part, au passage d'une discontinuité, le changement de timbre est très sensible - le son devient plus chantant - même quand on ne peut pas mesurer des variations d'amplitudes ou de vitesses.

Nous avons volontairement conservé l'appréciation du timbre par l'oreille humaine, car c'est elle qui fait l'analyse harmonique d'un son audible de la manière la plus rapide. Les résultats encourageants recueillis après ces observations des timbres nous portent à penser que leur étude, combinée à celle des amortissements, doit sans doute être très utile pour améliorer notre connaissance des discontinuités des milieux rocheux.

2,632. -

La seconde partie de l'utilisation de l'appareil acoustique est l'enregistrement des bruits naturels reçus. Dans une galerie en cours de percement, immédiatement après l'explosion d'une volée, c'est-à-dire 10 à 15 minutes après l'explosion elle-même (le temps d'une ventilation accélérée), nous avons placé un géophone au voisinage du front de taille et nous avons compté le nombre de bruits produits par le roc.

Ces bruits se composent soit de craquements brefs à fréquence élevée, soit de sons plus longs, sourds et à beaucoup plus basse fréquence. Par comparaison avec des écoutes de bruits naturels sans explosion préalable, nous avons trouvé que les sons brefs pouvaient venir du rocher affecté par l'explosion, les sons plus sourds venant de plus loin.

Nous avons donc décidé de ne compter que les premiers et, ceci dans des intervalles de temps donnés en profitant d'une explosion, soit à la fin du creusement de la galerie, soit avant une assez grande période de repos pour ne pas avoir d'interférence avec des explosions successives.

Les courbes de la figure 112 montrent les résultats obtenus dans les dolérites des sites de Van Der Kloof et d'Henrik Verwoerd et dans les argilites du site d'Henrik Verwoerd. La dolérite a un niveau de bruit extrêmement haut au commencement suivi par une rapide atténuation alors que dans l'argilite, les niveaux de bruit sont un peu plus faibles. Après deux jours, pour les deux types de rocher, les bruits cessent complètement. Ceci est à rapprocher des études de R. GOODMAN (1964) qui a enregistré les bruits d'une éprouvette en cours d'écrasement, et les bruits produits par une éprouvette brusquement déchargée. Il a trouvé qu'au bout de 12 heures, une diorite quartzéuse, préalablement soumise à une contrainte de 500 bars, brusquement annulée, ne produisait plus que quelques bruits ; ceux-ci semblent pratiquement disparaître après une vingtaine d'heures.

Il est impossible d'obtenir une indication de la contrainte interne d'un rocher par simple écoute des bruits de décompression, mais ceux-ci peuvent nous renseigner sur la façon dont les contraintes peuvent se dissiper. Dans le cas d'un contact franc entre deux rochers différents, (cas des dolérites et argilites du site d'Henrik Verwoerd), on peut ainsi très rapidement approcher le problème de cisaillements éventuels du contact au cours de fouilles profondes et étendues.

Pour un certain nombre de cas, nous sommes en bonne voie de trouver une corrélation expérimentale entre le niveau de bruits reçus dans les premières minutes après une explosion et les valeurs des contraintes internes mesurées, par la suite aux mêmes endroits.

SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

- Dolerite, fond de RA2
- ▽----- Dolerite a 33m. de l'entrée de RA1
- Argilite, fond de RA1

SITE DU BARRAGE DE VAN DER KLOOF

- x----- Dolerite, fond de VA1
- Dolerite à 50m. de l'entrée de VA1

Nombre de craquements
par minute

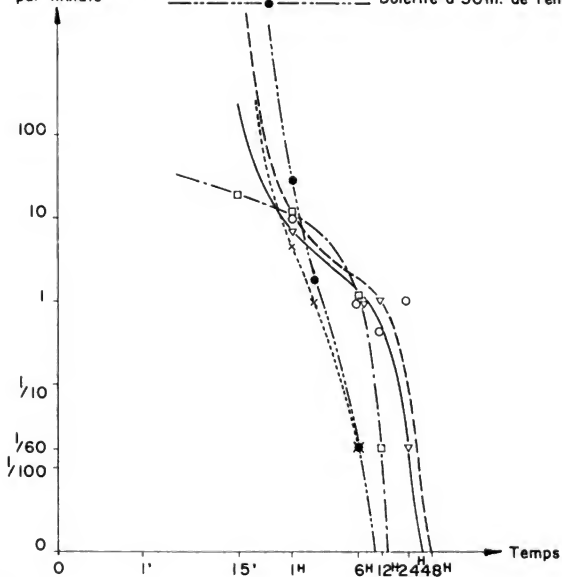


fig 112.

NIVEAU DE BRUIT DANS UNE GALERIE
EN FONCTION DU TEMPS

2.64. - Etude sismique comparative de quelques massifs.

Sur un graphique général du même type que celui d'un profil (figure 111), on groupe, pour un site donné, tous les renseignements obtenus pour chacun des profils. On obtiendra ainsi une valeur moyenne des vitesses transversales et longitudinales, une valeur moyenne de la courbe d'amplification, une valeur moyenne de la courbe sclérométrique. On portera également toutes les valeurs des demi-longueurs d'onde obtenues ; si les profils sont suffisamment nombreux, on peut aborder les répartitions statistiques. En plus des valeurs moyennes ci-dessus, on obtient aussi les dispersions.

Nous avons fait des séries de mesures, avec la même méthode, sur une quinzaine de sites (1) dont on trouvera la description géologique au chapitre A.III. De plus, nous avons également effectué des profils sur des bétons de barrages, entre joints de contraction.

Nous avons prospecté des sites tels que Malpasset, où était intervenu un phénomène prouvant la mauvaise qualité de la fondation, tels que La Gittaz où beaucoup d'experts avaient manifesté une certaine prudence et d'autres sites comme ceux d'Hendrik Verwoerd et Van Der Kloof où il n'y avait pas lieu d'envisager de problèmes particuliers pour les fondations. La comparaison du profil type d'un site en cours d'étude, et de profils types de sites dont on connaît bien les caractéristiques peut mettre en lumière des points particuliers.

De l'examen des graphiques types (figures 113 à 124) et du tableau résumé XIII on peut tirer les conclusions suivantes :

a) - La longueur d'onde des premières vibrations captées est très significative. Si le nombre de mesures est suffisant, il est très important de caractériser cette longueur d'onde par sa valeur moyenne et par la dispersion des mesures.

b) - La dispersion des critères (vitesse, gains, longueur d'onde) semble traduire, d'une façon assez sensible, l'hétérogénéité d'un massif ; il faut toutefois que la dispersion soit simultanée pour les gains et les longueurs d'onde (Malpasset, Kardjali, St-Cassien, St-Jean du Gard). Une faible dispersion indique un massif homogène (béton, Hendrik Verwoerd, Van Der Kloof, Ste-Croix).

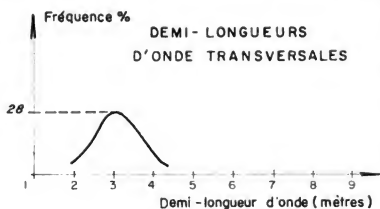
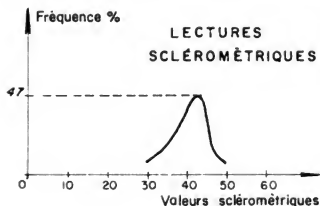
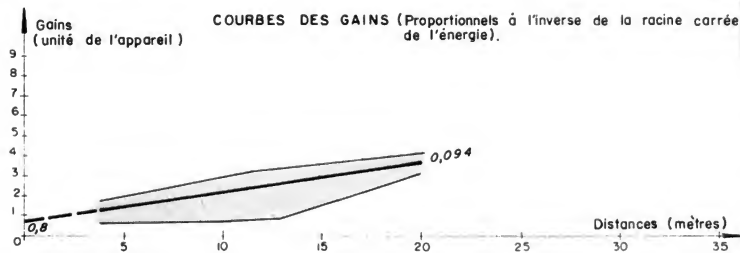
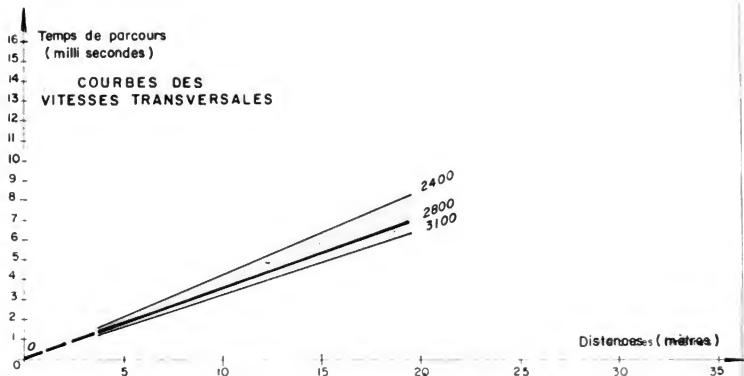
c) - Longueurs d'onde et lectures sclérométriques peuvent être rapprochées : en effet, il est possible de trouver une certaine corrélation entre les deux valeurs (figure 125) et leurs dispersions sont du même ordre de grandeur.

d) - Les gains et leurs variations c'est-à-dire les pertes d'énergie de l'ébranlement au cours de son trajet ne semblent pas caractériser seulement la fracturation, mais aussi la nature de la matrice, la nature des remplissages et également l'orientation des discontinuités structurales par rapport au sens de propagation de l'onde. Ci-dessous ont été classés les sites par valeurs décroissantes de la pente de la courbe des gains (1) et de l'ordonnée à l'origine de la courbe des gains extrapolée - (2).

(1)

La Gittaz	} Valeurs décroissantes des pertes d'énergie le long du profil.
St-Jean du Gard	
Kardjali	
St-Cassien	
Kasseb	
Malpasset - Ste Croix	
Béton en masse	
Lanoux - Hendrik Verwoerd (dolérite)	
Van Der Kloof - Hendrik Verwoerd	
(argilite)	

(1) - Ces sites sont systématiquement repérés sur les graphiques par les numéros de la première colonne du tableau XIII.

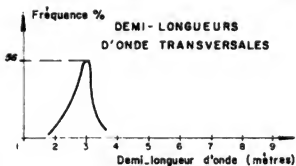
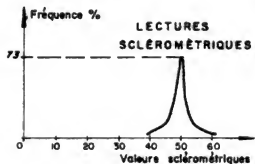
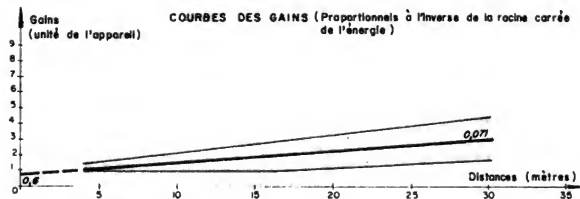
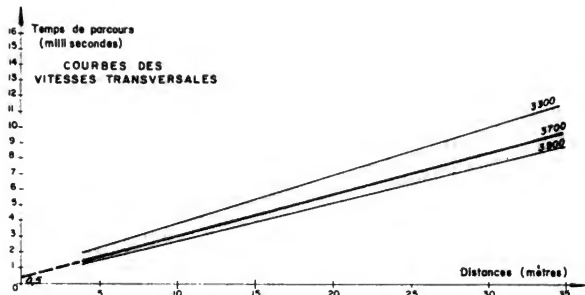


Timbre (apprécié à l'oreille) :
Vitesse longitudinale moyenne :
Coefficient de poisson

variable, résumé
4 500 mètres/seconde
0,2

fig. 113 - BETONS DE BARRAGES EN MASSE ENTRE JOINTS (1)

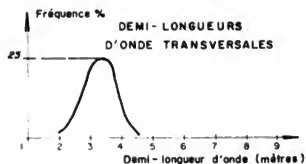
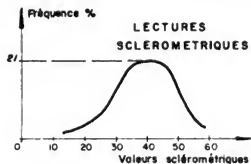
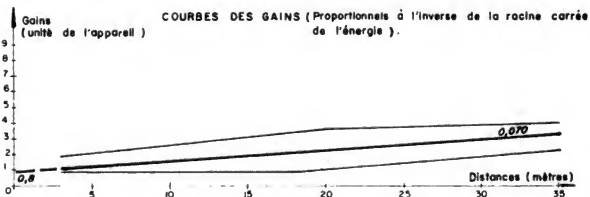
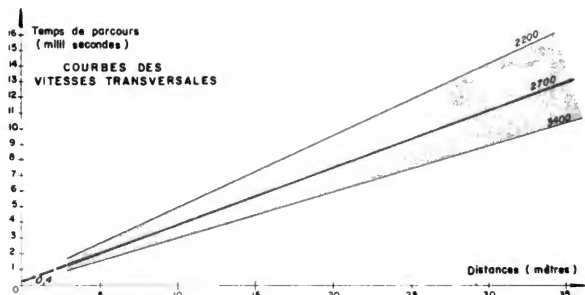
Profils sismiques



TIMBRE (apprécié à l'oreille): fêlé, ne résonne pas
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE: 5700 mètres / seconde
 COEFFICIENT DE POISSON 0,18

**SITE DU BARRAGE DE VAN DER KLOOF (2)
 DOLERITE MASSIVE
 PROFILS SISMIQUES**

fig 114.



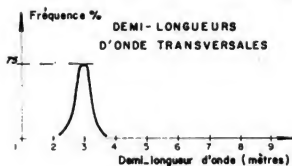
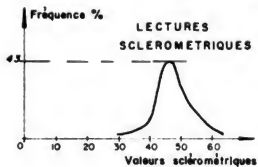
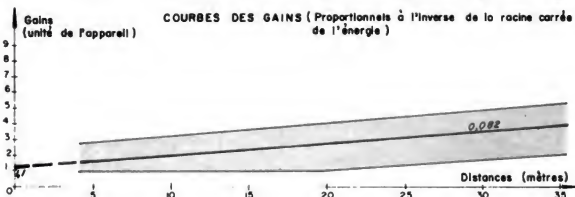
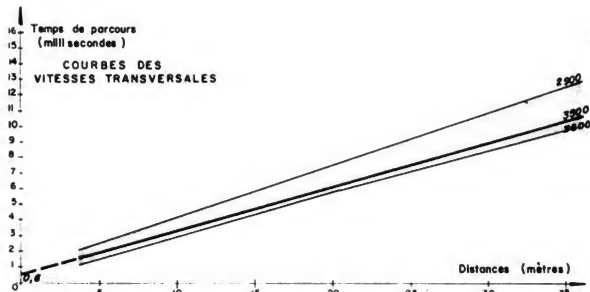
TIMBRE (apprécié à l'oreille). relativement pur, résonne
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE: 5100 mètres/seconde
 COEFFICIENT DE POISSON 0,3

SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD (3)

ARGILITE MASSIVE

PROFILS SISMIQUES

fig 115.



TIMBRE (apprécié à l'oreille):

fêlé, ne résonne pas

VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE: 5500 mètres/seconde

COEFFICIENT DE POISSON

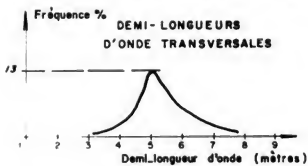
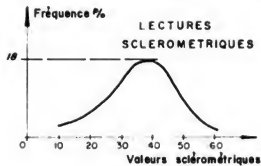
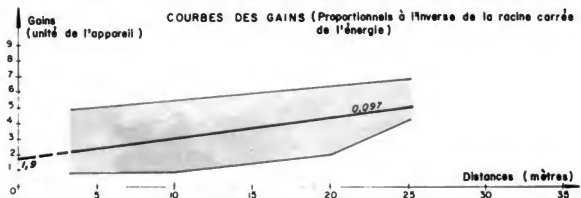
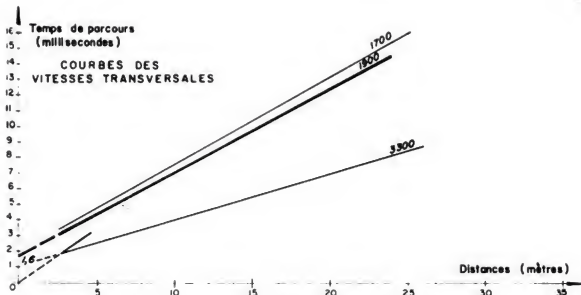
0,18

SITE DU BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD (4)

DOLERITE MASSIVE

PROFILS SISMIQUES

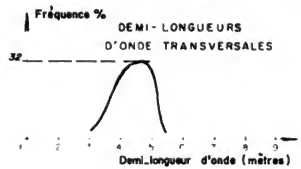
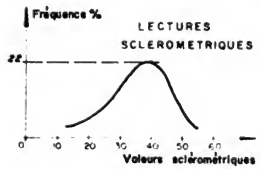
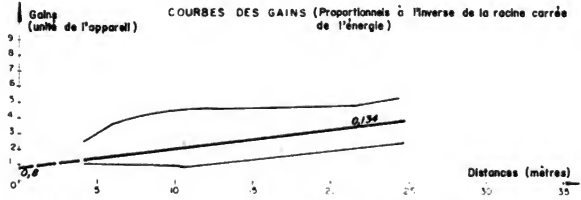
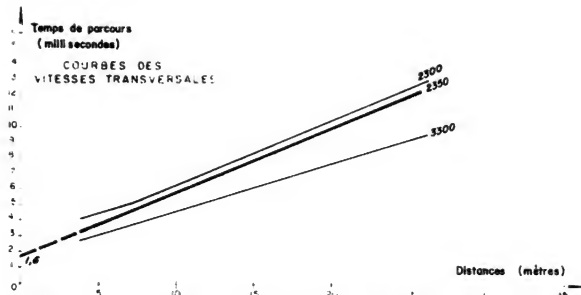
fig 116.



TIMBRE (apprécié à l'oreille) : très pur, résonne bien
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE : 3700 mètres / seconde
 COEFFICIENT DE POISSON : 0,33

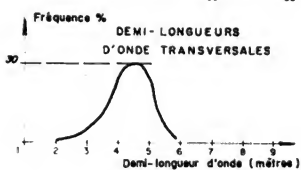
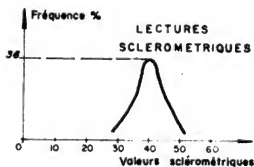
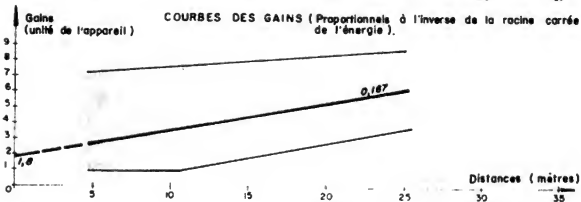
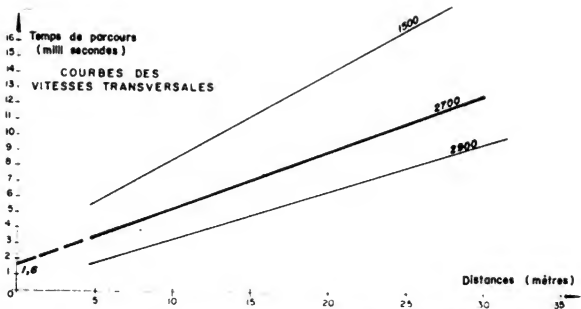
SITE DU BARRAGE DE MALPASSET (5)
 GNEISS TECTONISÉ
 PROFILS SISMIQUES

fig 117.



TIMBRE (apprécié à l'oreille): relativement pur, résonne bien
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE 4 400 mètres/seconde
 COEFFICIENT DE POISSON 0,31

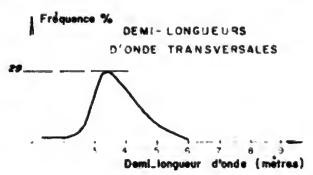
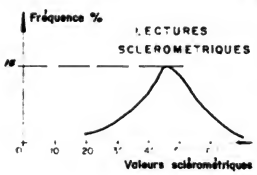
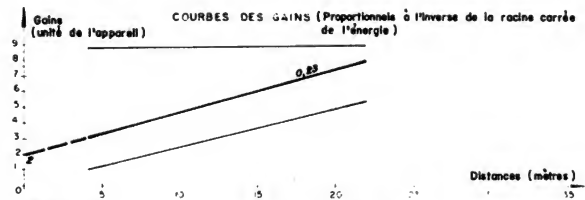
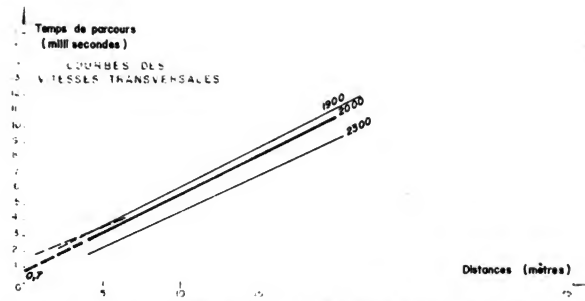
SITE DU BARRAGE DE ST. CASSIEN (6)
 GNEISS A DEUX MICAS
 PROFILS SISMIQUES
 fig 118.



TIMBRE (apprécié à l'oreille). pur, résonne peu
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE: 4900 mètres/seconde
 COEFFICIENT DE POISSON 0,3

SITE DU BARRAGE DE ST. JEAN DU GARD (7)
 GNEISS TRÈS DIACLASÉ
 PROFILS SISMIQUES

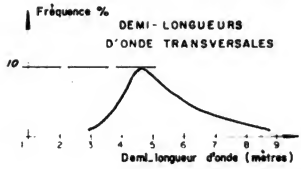
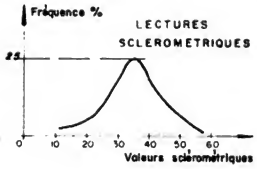
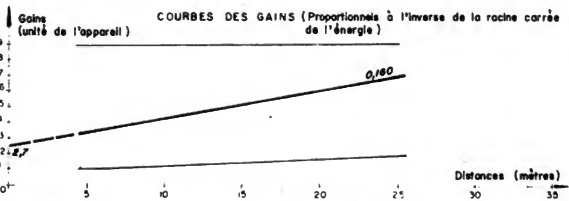
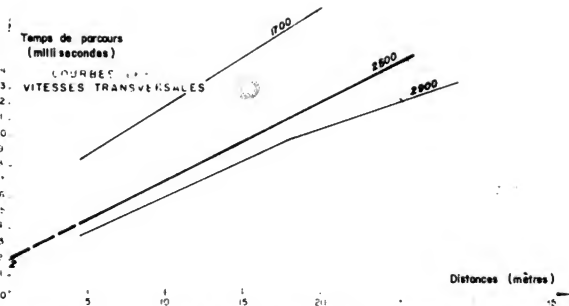
fig 119.



TIMBRE (apprécié à l'oreille)
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE
 COEFFICIENT DE POISSON

un peu flétri, faible résonance
 4 000 mètres /seconde
 0,33

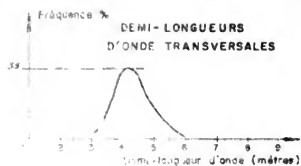
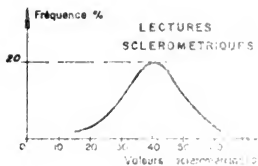
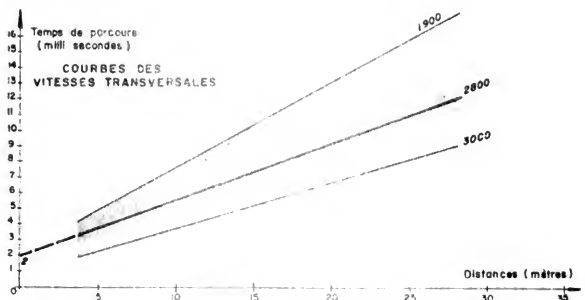
SITE DU BARRAGE DE LA GITTAZ (8)
 SCHISTES CRISTALLINS TRÈS DIACLASÉS
 PROFILS SISMICIQUES
 fig 120.



TIMBRE (apprécié à l'oreille). très pur, résonne bien
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE: 5 000 mètres/seconde
 COEFFICIENT DE POISSON 0,33

SITE DU BARRAGE DE KARDJALI (9)
 CALCSCHISTES TECTONISÉS
 PROFILS SISMIQUES

fig 121.



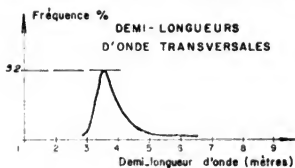
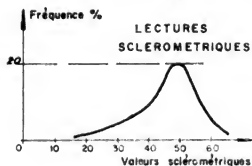
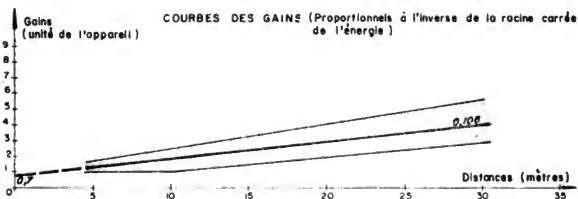
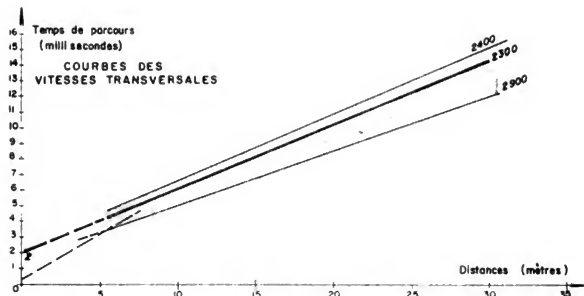
TIMBRE (apprécié à l'œil) pur, résonne fortement
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE de 4500 mètres/seconde
 COEFFICIENT DE POISSON 0,27

SITE DU BARRAGE DE LANOUX (12)

SCHOTES MÉTÉOROLOGIQUES

PROFILS SISMQUES

N° 122



TIMBRE (apprécié à l'oreille):
VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE: 4 200 mètres/seconde
COEFFICIENT DE POISSON

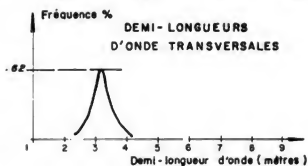
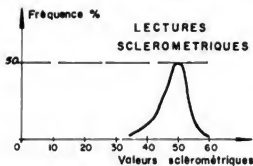
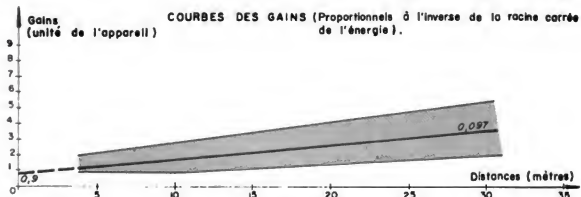
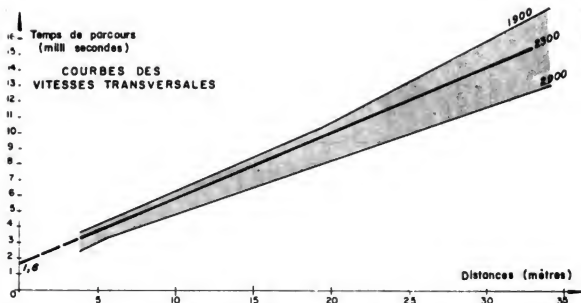
un peu fêlé, résonne faiblement
0,3

SITE DU BARRAGE SUR L'OUED KASSEB (13)

CALCAIRES EN BANCS INCLINÉS A 60°

PROFILS SISMIQUES

fig 123.



TIMBRE (apprécié à l'oreille): fâil . résonne peu
 VITESSE LONGITUDINALE MOYENNE: 4100 mètres /seconde
 COEFFICIENT DE POISSON 0,3

SITE DU BARRAGE DE STE CROIX (15)

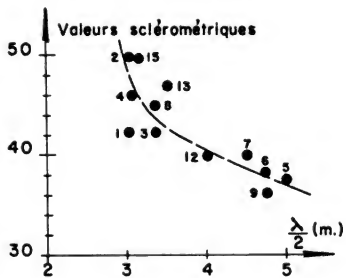
CALCAIRES EN BANCS HORIZONTAUX

PROFILS SISMIQUES

fig 124.

Sites	poids spécifique ρ	V _L m/s	V _T m/s	ordonnée à l'origine de V _T (mill. sec.)	demi-longueur d'onde de V _T (mètre)	α	Energie		E sismique (bar)	E statique (bar)	E sismique E statique	
							penne (unité de gain) mètre	ordonnée à l'ori- gine (unité de gain)				
1. BETONS	2.4	4.500	2.800	0	3.0	0.20	0.094	0.8	440.000	150.000	2.9	
VAN DER KLOOF 2. (dolérite)	2.9	5.700	3.700	0.5	3.0	0.18	0.071	0.6	840.000	250.000	3.3	
HENDRIK VERWOERD 3. (argilite)	2.7	5.100	2.700	0.4	3.3	0.30	0.070	0.8	500.000	140.000	3.5	
HENDRIK VERWOERD 4. (dolérite)	2.9	5.500	3.500	0.6	2.9	0.18	0.082	1.1	790.000	240.000	3.3	
5. MALPASSET	2.75	3.700	1.900	1.6	5.0	0.33	0.097	1.9	260.000	20.000	13.0	
6. S ^t -CASSIEN	2.75	4.400	2.350	1.6	4.6	0.31	0.134	0.8	370.000	40.000	9.2	
S ^t JEAN DU 7. GARD	2.75	4.900	2.700	1.6	4.5	0.30	0.167	1.8	480.000	50.000	9.5	
8. GITTAZ	2.8	4.000	2.000	0.7	3.3	0.33	0.230	2	310.000	85.000	3.6	
9. KARDJALI	2.85	5.000	2.500	2	4.7	0.33	0.160	2.7	540.000			
10. BESSERVE	2.75	4.300	2.150	1.2	4.0	0.33			350.000	59.000	5.3	
11. VOUGLANS	2.7	4.600	2.550	0.2	3.5	0.30			420.000	120.000	3.5	
12. LANOUX	2.7	4.800	2.800	2	4.0	0.27	0.084	1.8	490.000	67.000	7.3	
13. KASSEB	2.7	4.200	2.300	2	3.5	0.30	0.160	0.7	350.000	100.000	3.5	
14. TACHIEN	2.8	5.100	2.700	1	4.2	0.32			500.000	80.000	5.2	
15. SAINTE- CROIX	2.75	4.100	2.300	1.6	3.1	0.30	0.097	0.9	340.000			

Tableau XIII. - VALEURS DES CARACTERISTIQUES MEASUREES PAR ESSAIS SISMIQUES ET STATIQUES.



RELATIONS EXPERIMENTALES ENTRE
 DEMI-LONGUEURS DE L'ONDE TRANS-
 VERSALE ET INDICES SCLEROMETRI-
 QUES (Scléromètre à bétons SCHMIDT)

fig 125.

(2)

Kardjali
La Gittaz
Malpasset
St-Jean du Gard - Lanoux
Hendrik Verwoerd (dolérite)
Ste-Croix
St-Cassien - Hendrik Verwoerd
(argilite)
Béton en masse
Kasseb
Van Der Kloof

Valeurs décroissantes des pertes
d'énergie au départ.

La perte d'énergie au départ (2) semble très sensible à l'état de la surface du rocher. En effet, Malpasset, St-Jean du Gard, sont des sites où l'on constate une grande altération de surface et La Gittaz, Kardjali, Lanoux et même dans une faible mesure les dolérites de Hendrik Verwoerd, montrent un sensible desserrage de surface.

On retrouve le même phénomène dans les variations de l'ordonnée extrapolée à l'origine de la courbe des vitesses, sans que la coïncidence soit aussi systématique. En particulier, le site de Kasseb montre une forte ordonnée à l'origine des courbes distance-temps et une très faible ordonnée à l'origine des courbes de gain, que nous ne pouvons pas expliquer. Notons qu'il semble que la surface rocheuse ne s'altère pas avec le temps (4 années).

Les pertes d'énergie pendant le parcours (1) sont, dans une certaine mesure, influencées par la division en masse du massif : Gittaz, St-Jean du Gard, Kardjali sont, entre autres, des sites où l'on observe des discontinuités mécaniques ouvertes. Par contre, St-Cassien, Malpasset montrent une structure complexe et des signes d'altération sans que les pertes d'énergie soient parmi les plus grandes. On peut sans doute mieux approcher ce problème en comparant la liste (1) avec le graphique de corrélation expérimentale (figure 126) de la vitesse transversale et de la valeur sclérométrique. En effet, on peut voir sur le graphique une limite à droite de laquelle il n'y a plus de points représentatifs de site. De plus, tous les sites, sauf trois, sont très groupés autour de cette ligne. On peut penser qu'il y a effectivement une relation entre la valeur sclérométrique et la vitesse du son dans un milieu homogène, en particulier le béton. Donc, les points qui s'écartent de cet alignement vers la plage des valeurs sclérométriques fortes, sont représentatifs de sites ayant une matrice élémentaire dure, (à l'échelle du scléromètre, c'est-à-dire 1 à 2 dm³), mais offrant une incertitude à de plus grandes échelles. Dans l'ordre ce sera le cas des sites :

Ste-Croix
Kasseb
La Gittaz
Malpasset

Le site de La Gittaz figure en tête de toutes les listes, on peut, dans ce cas, en trouver l'origine dans la très grande division du massif.

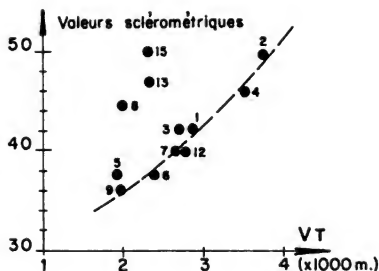
Les sites de Ste-Croix et Kasseb ont un indice sclérométrique élevé et peu de perte d'énergie durant le profil. Il peut s'agir de massifs comportant une fracturation non continue des bancs calcaires, augmentant les temps de parcours sans affecter l'énergie.

Pour les sites de St-Jean du Gard, Kardjali, St-Cassien, les pertes d'énergie peuvent être attribuées à la matrice rocheuse et sans doute aussi aux remplissages plus ou moins argileux des joints.

Au site de Malpasset, passée la frange de surface très altérée, il semble que le massif soit compact (la longueur d'onde décèle le phénomène de microfissuration).

Les sites de Van Der Kloof et Hendrik Verwoerd offrent toutes garanties de compacité.

Les changements de caractéristiques de la roche avec le temps sont mis en évidence par les mesures sismiques répétées à intervalles réguliers ; ces mesures ont été effectuées en des points précis des sites de Malpasset, Hendrik



RELATIONS EXPERIMENTALES ENTRE
 VITESSES TRANSVERSALES ET INDICES
 SCLEROMETRIQUES (Scléromètre à bétons
 SCHMIDT.)

fig 126.

Verwoerd et Van Der Kloof. Dans le cas des sites de Hendrik Verwoerd et Van Der Kloof, nous n'avons constaté aucun changement : l'ordonnée des courbes de gain reste constante. Les parois de la galerie sont saines et aucune chute de pierre, même dans les argilites, n'a été observée. Par contre à Malpasset, nous avons constaté une augmentation des ordonnées des courbes de gain, en même temps qu'une dégradation des surfaces mesurées. Ceci est à rapprocher des résultats observés en étudiant les lames minces (chapitre B.II.3.) où nous avons vu qu'un bloc de gneiss de Malpasset soumis à des cycles eau-air se microfissurait.

2.65. Module de déformation.

2.651.

On sait que l'utilisation des formules de l'élasticité permettrait de relier module de Young, coefficient de Poisson et vitesses transversale et longitudinale. Nous nous servons de ces formules tout en notant bien qu'elles sont théoriquement inapplicables, le milieu étant anisotrope, non continu et non idéalement élastique ; mais puisqu'il s'agit de comparaison de sites entre eux, les approximations que l'on peut faire sont plus ou moins les mêmes.

A l'aide des vitesses de propagation de l'onde longitudinale et transversale, on calcule le coefficient de Poisson du site, et le module de Young dit module sismique.

Ce processus de calcul est très souvent utilisé, mais il demande à être analysé avant toute conclusion. Nous avons vu que le module sismique s'obtient par l'une ou l'autre des formules suivantes :

$$E \text{ sismique} = \frac{(1 - 2\nu)(1 + \nu)}{1 - \nu} V_L^2 = 2(1 + \nu) V_T^2$$

Les courbes de la figure 127 traduisent en graphique les relations :

$$A = \frac{(1 - 2\nu)(1 + \nu)}{1 - \nu}$$

$$B = 2(1 + \nu)$$

$$\text{et } \nu = \frac{\alpha^2 - 2}{2(\alpha^2 - 1)} \quad \text{où } \alpha = \frac{V_L}{V_T}$$

On peut constater qu'une très faible variation de $\alpha = \frac{V_L}{V_T}$, compris pratiquement entre 1,5 et 2, entraîne une très grande variation de ν coefficient de Poisson. Il faut donc mesurer V_L et V_T avec beaucoup de soin pour calculer ν et se garder d'employer un coefficient de Poisson arbitraire comme c'est fréquemment le cas.

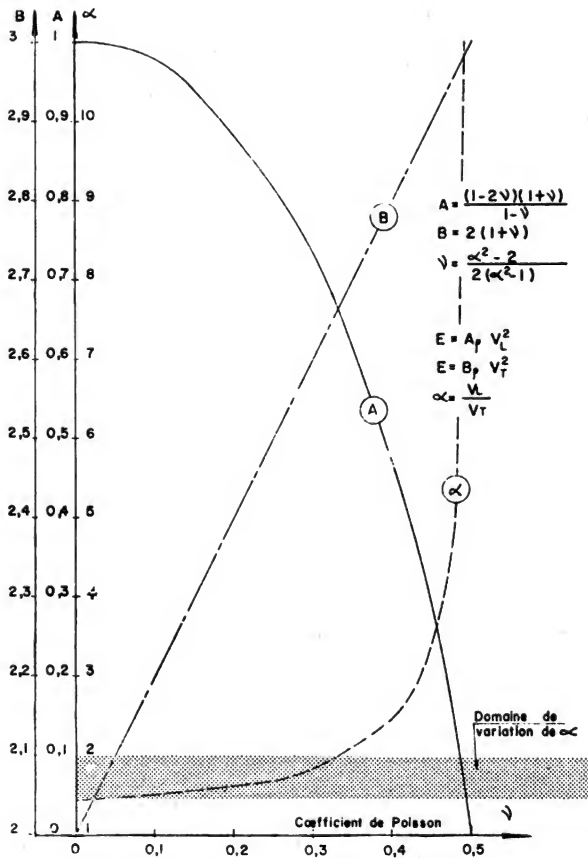
On constate trop souvent que les seules vitesses mesurées sont les vitesses longitudinales. Si on choisit arbitrairement ν , les modules sont alors connus à 20% près (en admettant que ν peut être compris entre 0,15 et 0,30). En plus, on peut se demander parfois s'il n'y a pas eu confusion des deux vitesses, ce qui donne alors une erreur relative de 100 à 300%.

Dans ce travail, nous analysons des modules calculés à partir des deux vitesses toujours mesurées. Dans la mesure du possible, nous avons exécuté des profils sismiques dans les galeries où ont lieu des essais statiques du type essais au vérin ou essais en galerie en charge.

Le tableau XIII donne les valeurs moyennes obtenues pour 15 sites prospectés par petite sismique.

Dans 13 de ces cas, nous avons à notre disposition les résultats d'une campagne d'essais statiques exécutés par les soins d'E.D.F. (sites 5 - 6 - 8 - 10 - 11 - 12), par le C.E.B.T.P. (site 7), sous notre direction (sites 2 - 3 - 4 - 14), ou par une compagnie soviétique (site 13).

Nous avons retenu pour le module de déformation élastique statique, les valeurs obtenues pour de faibles contraintes puisque l'essai sismique met également en jeu de faibles contraintes. Il serait toutefois imprudent de considérer le premier cycle de l'essai au vérin car l'essai n'intéresse alors que la peau de la galerie, alors que



RELATIONS ENTRE COEFFICIENT DE POISSON
 ET VITESSES DE TRANSMISSION D'ONDES SONIQUES
 fig 127.

l'essai sismique intéresse une zone plus profonde. Nous avons donc examiné les courbes de variation des coefficients de déformation tracées à l'occasion des essais au vérin (chapitre B.III.1.) et retenu comme contrainte maximale pour le calcul du module, la contrainte à partir de laquelle la courbe devient sensiblement horizontale, c'est-à-dire la valeur au-delà de laquelle la déformation est sensiblement linéaire en fonction de la pression.

Nous avons considéré, pour chaque site, la moyenne des modules sismiques et statiques disponibles ; il ne faut pas toutefois considérer les chiffres obtenus comme représentatifs du site dans son ensemble, mais plutôt représentatifs de certains volumes élémentaires du site dans lequel ont été faits les essais.

Les valeurs du rapport :

$$\frac{E \text{ sismique}}{E \text{ statique}} \text{ vont de } 2,9 \text{ à } 13.$$

H. LINK (1964) donne des exemples où ce même rapport varie de 1,4 à 16,6, les plus fréquents variant de 3 à 10. ONODEKA (1963) donne un tableau de valeurs comparées d'où il ressort des rapports variant de 3 à 11. Il trouve, pour un site donné, une relation expérimentale entre E sismique et E statique.

La figure 128 montre pour nos résultats et ceux d'ONODEKA, les relations entre ces modules ; les points représentatifs sont situés à gauche d'une droite :

$$\frac{E \text{ sismique}}{E \text{ statique}} = 2,5$$

Les sites compacts sont groupés au voisinage de la droite, les sites de plus en plus jointés ou altérés s'en éloignent de plus en plus.

Si nous portons sur un graphique les valeurs $K = \frac{E \text{ sismique moyen}}{E \text{ statique moyen}}$ en fonction de la longueur d'onde moyenne transversale, nous voyons apparaître une corrélation satisfaisante (figure 129). On trouve également une bonne corrélation entre E statiques et fréquences de l'onde transversale (figure 130) alors qu'il n'en existe pas entre E sismiques moyens et longueurs d'onde ou fréquences.

Signalons que D. DEBRE (1966) corrèle expérimentalement K avec le pourcentage de carottage obtenu par des sondages dans des conditions spéciales parfaitement normalisées.

Si, comme il est classique de le faire, on relie fracturation et fréquence, on est conduit à penser que les modules statiques donnés par l'essai au vérin sont essentiellement représentatifs de la fracturation du massif et que les modules sismiques sont plus directement liés à l'élasticité de la matrice.

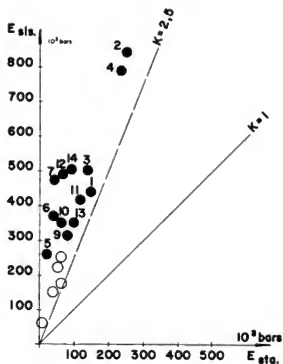
Toutefois, comme nous n'avons pas vu de corrélation entre fréquence (donc longueur d'onde) et distance d'une part, et entre fréquence et perte d'énergie d'autre part, il semble donc que la comparaison des résultats d'essais statiques et sismiques dépend d'un autre facteur que la simple fracturation. Au cours des mesures statiques, les cycles de mise en pression sont effectués sensiblement toutes les demi-heures ; au cours des essais sismiques, les fréquences sont au contraire de plusieurs centaines de cycles par seconde. C'est le temps qui différencie les deux types d'essais.

L'influence du temps a été souvent analysée. Pour cela, on distingue usuellement, soit la vitesse de la mise en charge au cours d'un essai dit statique ou la fréquence des tensions alternées au cours d'un phénomène dynamique. SUSTRUNCK (1956) par exemple avance qu'en dessous de 1 à 2 cps, il résulte des modules dynamiques 20 à 30% inférieurs à ceux obtenus avec des fréquences de quelques centaines de cps alors qu'il y a peu de différence entre 500 cps et plusieurs milliers de cps.

Dans les cas que nous étudions, les modules dits statiques ont été obtenus avec des essais durant plusieurs heures et les fréquences donnant les modules sismiques sont supérieures à 100, le temps doit donc être très influent.

LANGER (1965) et BUCHHEIM (1961) ont bien étudié ce phénomène. Ils définissent un certain nombre de modèles mathématiques susceptibles de représenter en première approximation la loi de matière de corps rocheux. Nous en donnons très sommairement les principaux :

- Le corps de Hooke est le modèle d'un milieu idéalement élastique dans lequel contraintes et déformations sont reliées linéairement.



- Essai cité dans le texte avec référence au tableau
- Essai fait par F. Onodera

RELATION EXPERIMENTALE ENTRE MODULES DE DEFORMATION ELASTIQUE STATIQUES ($E_{sta.}$) ET SISMQUES ($E_{sis.}$) OBTENUS IN SITU

fig 128.

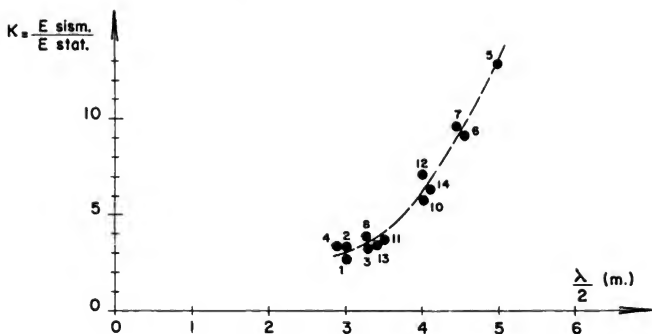
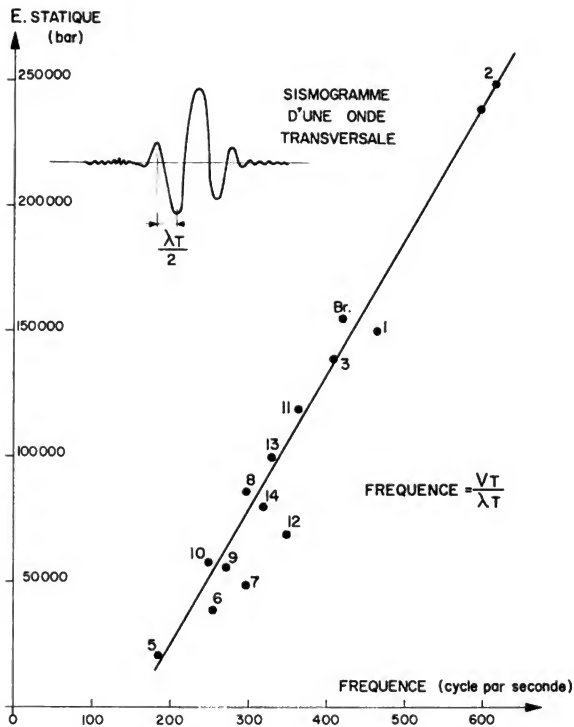


fig 129, RELATIONS EXPERIMENTALES ENTRE MODULES DE DEFORMATION ELASTIQUE (SISMQUES ET STATIQUES) ET DEMI-LENGUEURS DE L'ONDE TRANSVERSALE.



RELATION EXPERIMENTALE ENTRE
LE MODULE STATIQUE MESURE AU VERIN
ET LA FREQUENCE DE L'ONDE TRANSVERSALE

fig 130.

- Le corps de Maxwell est un modèle de fluide dans lequel, au repos, peuvent exister des contraintes non hydrostatiques passagères disparaissant avec le temps (relaxation).
- Le corps de Newton est un modèle de fluide visqueux.
- Le corps de Kelvin résulte de la combinaison d'un corps de Hooke et d'un corps de Newton.
- Le corps de Nakamura résulte de la combinaison d'un corps de Hooke et d'un corps de Kelvin.

On peut représenter graphiquement la relation liant dans le temps les déformations et les contraintes - sous forme tensorielle - (figure 131).

Dans le corps de Hooke, la déformation suit instantanément et linéairement la tension (point A) ; au bout d'un temps très court (A_1), la déformation et la contrainte n'ont pas changé, car elles sont indépendantes du temps.

Dans le corps de Kelvin, pour un temps très petit on aurait, par l'application d'une contrainte donnée, des déformations infiniment petites, d'où des modules d'élasticité infinis qu'on ne mesure jamais en pratique.

Dans le cas du corps de Nakamura, en un temps très court (essais dynamiques), on obtiendra une relation contrainte-déformation du type de Hooke et ensuite une relation complémentaire du type Kelvin avec le temps.

On vérifie qu'il est impossible, lors d'un essai statique lent, d'obtenir une valeur d'un module d'élasticité puisque le point mesuré C2 représente la somme de deux phénomènes dont un n'est pas élastique. Les valeurs obtenues ne sont que des approximations assez grossières. Nous continuerons à les utiliser cependant, mais seulement comparées entre elles. La différence entre les valeurs des essais statiques et des essais sismiques peut représenter la part des phénomènes non élastiques dans les déformations et on peut alors vérifier la corrélation existant entre cette différence et la déformation résiduelle obtenue lors des essais au vérin (figure 132).

2.7. Conclusion

La méthode sismique de reconnaissance d'un massif rocheux est en général moins lourde que d'autres types d'essais, mais elle nécessite un matériel et une compétence qui en font presque toujours une affaire de spécialiste. Nous avons voulu aborder ce problème surtout par l'expérience en usant d'un matériel peu coûteux et léger. Nous avons pallié le manque de puissance des moyens mis en oeuvre par l'utilisation d'une méthode normalisée au maximum, employée comparativement sur le plus de sites possibles.

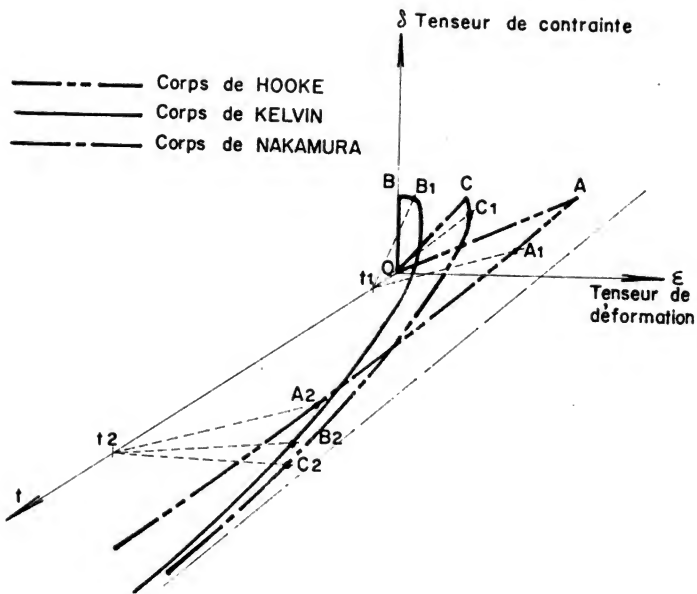
A la suite de campagnes d'essais effectuées sur de nombreux types de roches ainsi que sur du béton en place, un certain nombre de points peuvent être précisés quant à l'utilisation de la petite sismique dans l'étude des fondations de barrages.

a) - Dans le calcul d'un module d'élasticité sismique, il est nécessaire de connaître la valeur des deux vitesses, longitudinale et transversale, de propagation des ébranlements dans le terrain. Si on n'en mesure qu'une et à condition de savoir laquelle, on peut calculer le module sismique avec un coefficient de Poisson supposé, l'erreur faite pouvant atteindre 20% par rapport à la valeur réelle.

b) - Avec beaucoup de prudence, on peut estimer l'ordre de grandeur du module de déformation statique que l'on pourrait obtenir par des essais au vérin, en utilisant la corrélation expérimentale établie entre modules et longueur d'onde.

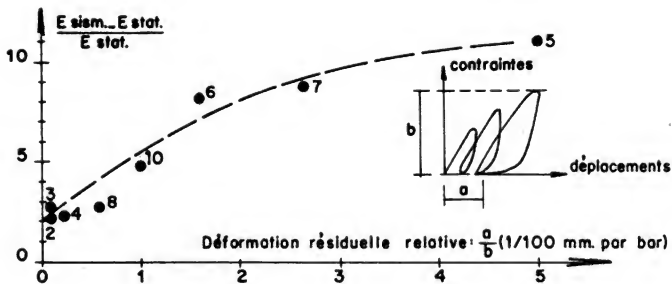
c) - La qualité d'un massif rocheux peut être appréciée en comparant toutes les caractéristiques sismiques mesurées (vitesses, fréquence, variation d'énergie et timbre) à celles d'autres massifs dont l'étude plus complète permet de mieux connaître les propriétés.

Il semble impossible de relier sélectivement une des caractéristiques sismiques mesurées et un caractère particulier du massif rocheux. Toutefois, certaines propriétés du massif, liées souvent à sa structure, peuvent plus que d'autres influencer les variations de l'une des mesures. Les cas où les correspondances ne sont pas vérifiées compliquent toute tentative de classification ; celle que nous proposons ci-après, très empirique, rend compte des résultats moyens que nous avons obtenus.



REPRESENTATION GRAPHIQUE
 DE LA RELATION LIANT: TENSEUR DE DEFORMATION,
 TENSEUR DE CONTRAINTE ET TEMPS
 (D'APRES LANGER)

fig 131.



RELATIONS EXPERIMENTALES ENTRE MODULES DE DE-
FORMATION ET COEFFICIENTS DE DEFORMATION RESI-
DUELLE DES ESSAIS AU VERIN

fig 132.

Propriété du massif	Caractéristiques sismiques influencées
<p>Hétérogénéité</p> <p>Altération, hétérogénéité superficielles</p> <p>Division et desserrage du massif</p> <p>Compacité</p> <p>Matrice élémentaire dure, fracturation non continue (bancs durs par exemple)</p> <p>Altération matricielle, structure finement divisée</p>	<p>Dispersion des vitesses, des pertes d'énergie et des longueurs d'onde.</p> <p>Grandes pertes d'énergie au départ, faibles vitesses au départ.</p> <p>Grandes pertes d'énergie durant le parcours.</p> <p>Faibles pertes d'énergie durant le parcours.</p> <p>Grandes valeurs sclérométriques, faibles vitesses et peu de perte d'énergie.</p> <p>Grande longueur d'onde, son clair et long.</p>

d) - Il est très difficile, voire même impossible de déceler les accidents que peut recouper un profil sismique, sauf si le cheminement se fait dans l'accident ou si son épaisseur est très importante. Aussi, la méthode proposée sera-t-elle employée non pas pour fournir une description géométrique de la structure, rôle laissé aux sondages, galeries, etc. . . . , mais pour mesurer un certain nombre de caractéristiques physiques représentatives d'échantillons non remaniés de très grands volumes dont le géologue se servira dans le cadre de son étude compréhensive du site.

3. Traitement de quelques cas d'espèce

Nous avons vu, lors de l'étude du contexte géologique des sites, que certains facteurs liés aux accidents structuraux ou aux conditions de mise en place des matériaux du massif demandaient être éclaircis.

Par exemple, sur le site de Ta Chien, la présence d'interbancs argilo-graphiteux pose des problèmes d'érosion ou de gonflement qui peuvent mettre en jeu la stabilité du massif ; sur le site de Hendrik Verwoerd, la dolérite peut avoir gardé des contraintes internes susceptibles de provoquer des incidents lors de l'ouverture d'un front de carrière étendu ou d'excavations profondes.

Nous allons aborder ces problèmes particuliers, par la description d'une suite d'expériences menées in-situ ; nous nous sommes fixés comme objectif de trouver, par des procédés simples mis au point par le chantier, une première réponse rapide au problème cherché.

3.1. Site de Ta Chien (géologie : chapitre A.1.3.).

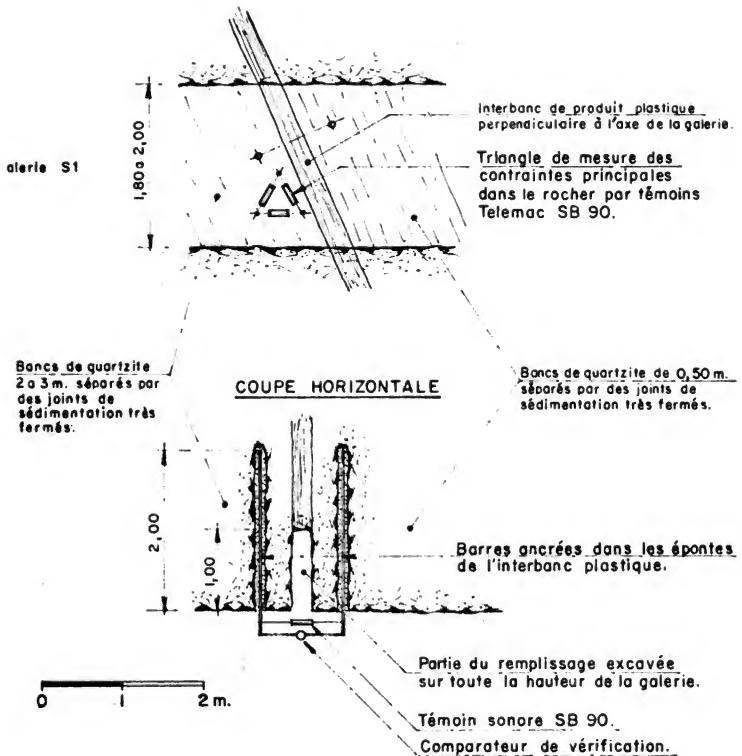
3.11. Décompression des   poutes d'un interbanc plastique.

3.111.

Nous avons choisi sur le site principal, les deux interbancs les plus importants pour y exécuter une mesure de décompression d'  poutes pendant l'enlèvement du matériau meuble. L'expérience a d'abord été tentée dans la galerie NA 6 (galerie profonde excavée depuis longtemps) sur un interbanc de 20 cm. La charge de terrain au-dessus du point de mesure est de 235 m. La figure 433 montre le dispositif utilisé. On a excavé à la main le matériau mou, l'opérateur suivant continuellement la déviation des instruments de mesure (comparateurs au 1/100 et témoins de déformation Télémac SB 90). Cette première expérience a été négative, aucun déplacement notable n'a été observé.

Nous avons alors profité de l'excavation de la galerie S 1 pour refaire la même expérience immédiatement

COUPE VERTICALE



SITE DU BARRAGE DE TACHIEN
ESSAI DE RELAXATION D'ÉPONTES DE QUARTZITE

après la découverte d'un inter banc caractéristique de 35 cm. La charge de terrain au-dessus du point de mesure était de 85 m. L'expérience a été mise en place 3 jours après la mise à jour de l'inter banc et l'excavation a eu lieu 8 jours après.

Le grattage des matériaux de remplissage a duré 1 jour (11.7.62), la partie excavée a mesuré finalement 1 m de profondeur sur toute la hauteur de la galerie ; la déformation du comparateur a été inappréciable, le témoin Télémac a enregistré un raccourcissement de 25 microns par mètre, les témoins en triangle n'ont pas bougé. Au cours du mois qui a suivi, nous avons continué à mesurer les déformations ; les témoins en triangle ont donné toujours des lectures constantes et le témoin central a donné seulement un raccourcissement total de 76 microns/mètre. Il n'y avait donc pas lieu de craindre la présence dans le quartzite de contraintes capables de déformer dangereusement les inter bancs plastiques.

3.112.

Des échantillons de remplissage non remaniés ont été, d'autre part, envoyés à un laboratoire de mécanique des sols qui a mesuré une pression de consolidation faible : 1 à 1,5 bar. C'est a priori étrange, car le remplissage montre des traces très nettes de friction qui attestent une série d'efforts tectoniques. Néanmoins, il se peut qu'une récente circulation d'eau (mise en évidence par de très fins réseaux de calcite sillonnant le remplissage noir) ait transformé les matériaux.

Le cisaillement d'éprouvettes non remaniées, après saturation, a donné des angles de frottement interne voisins de 25°, la cohésion étant de 0,1 à 0,3 bar, la vitesse de cisaillement étant de 0,01 mm/minute.

3.12. Action de l'eau sur le remplissage plastique d'un inter banc.

Si une réaction mécanique des épontes sur les inter bancs plastiques n'était plus à craindre, il restait cependant encore à étudier la réaction à l'eau de circulation. Nous avons décomposé cette action de l'eau en plusieurs cas : une action dynamique par délavage, et une action statique par imprégnation sous pression ou sans pression.

3.121. Dé lavage

Le but de l'essai était d'étudier l'érodabilité, par un courant d'eau sans pression, de matériaux plastiques interstratifiés. Nous avons choisi un de ces remplissages dans une galerie de l'éperon (RA 9) où de telles circulations pourraient éventuellement avoir lieu après la mise en eau de l'ouvrage. Le montage utilisé est indiqué sur la figure 134.

Un trou a été creusé à la sondeuse dans le plan de l'inter banc avec une pente de 10% (diamètre 7 cm, outil au carbure de tungstène). L'extrémité haute a été munie d'un tuyau relié à une source d'eau, l'extrémité basse a été équipée d'un ajutage empêchant l'érosion régressive. L'eau sortant de cet ajutage était déversée dans un filtre de sable blanc fin, de manière à recueillir les petits dépôts argileux noirs provenant du remplissage de l'inter banc.

On a constaté un faible dépôt noir pendant quatre jours après la mise en route de l'essai, les débits étant limités à 15 litres/minute sans pression. Nous avons éliminé ce dépôt, car il pouvait s'agir de débris dus à la perforation du trou et non pas d'une érosion de matériau compact. Toutefois, le dépôt argileux noir a de nouveau été observé avec la même intensité. Nous n'avons malheureusement pas eu communication de poids de matériaux entraînés en fonction du temps. Toutefois, pendant les deux mois, où nous avons personnellement observé l'essai (juillet - août 1962), les faibles apports de produits argileux ont été constants dans le temps. Il peut donc y avoir une légère érosion dans un chenal préexistant par simple circulation d'eau même sans pression.

3.122.

Le deuxième cas, celui du claquage d'un remplissage mou par de l'eau sous pression a été étudié dans une galerie du site principal (MA 24) en profitant d'un rameau recoupant les bancs.

Deux petites niches ont été excavées (fig. 135) de chaque côté de la galerie dans les matériaux de remplissage ayant ici une épaisseur de 55 cm. Puis deux trous borgnes de 15 cm de diamètre et de 1,00 m de long ont été percés à la main, verticalement en remontant. On a ensuite collé un bouchon de béton muni de tuyaux pour pouvoir mettre en charge le trou borgne. La perméabilité, très faible mais non nulle, du remplissage a permis à l'air de s'échapper sans que les fuites soient trop importantes ultérieurement. Une trentaine de cm séparent le trou de la surface.

ESSAIS D'EROSION D'UN INTERBANC PAR CIRCULATION D'EAU

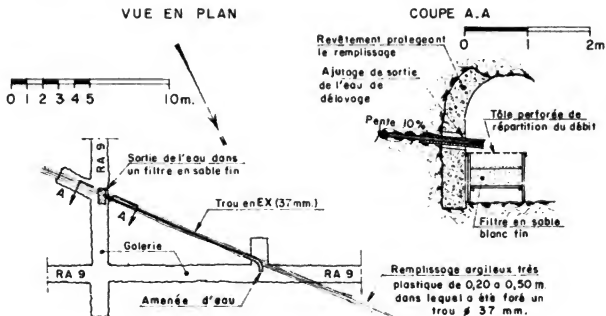


fig 134.

SITE DU BARRAGE DE TACHEN

ESSAIS D'EAU SUR UN REEMPLISSAGE PLASTIQUE

ESSAIS DE CLAQUAGE D'UN INTERBANC PAR PRESSION D'EAU

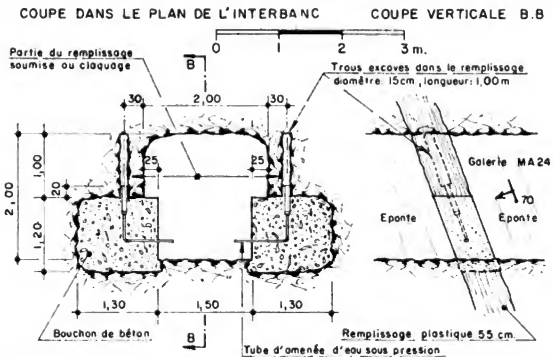


fig 135.

Sur l'essai de droite, on a fait croître la pression jusqu'à l'éclatement. La pression de claquage a été de 14 bars. Elle est élevée et a nécessité un gradient qui ne sera jamais réalisé dans la nature (gradient de $\frac{140}{0,30} = 400$).

Pour l'essai de gauche, on a maintenu une pression d'eau constante de 7 bars (correspondant à la pression statique naturelle de l'alimentation en eau du chantier). La déformation plastique du remplissage a été mesurée optiquement par la comparaison de deux points, l'une solidaire du remplissage, l'autre solidaire du rocher des épontes. On a constaté un déplacement très faible de 1 mm en 4 mois, puis les fuites sont devenues trop importantes pour que la pression puisse être maintenue.

Cette série d'expériences a permis de conclure que le matériau mou des interbanks a une bonne tenue à la pression.

3. 123.

Après qu'une série d'analyses minéralogiques des remplissages plastiques interstratifiés ait révélé une teneur de quelques pour-cent en montmorillonite, on pouvait craindre des phénomènes de gonflement créant des contraintes exagérées ou des éboulements dans les galeries de drainage. Nous avons donc entrepris l'observation d'un remplissage caractéristique d'une galerie de l'éperon (RA 63) pendant son humidification. La figure 136 donne la description de l'essai que nous avons surveillé personnellement de juin à août 1962.

Les déformations dues à un éventuel gonflement ont été nulles et, en 3 mois, aucun éboulement n'a eu lieu dans la partie du remplissage immergé.

Des essais oedométriques sur échantillons non remaniés n'ont également pas donné de gonflement appréciable.

Par la suite, BJERRUM (1963) a décrit par contre des cas d'éboulements et de gonflements observés en Norvège, pour des remplissages contenant également de la montmorillonite mais en proportion plus élevée.

3.2. Site du barrage de Hendrik Verwoerd (géologie : chapitre II, A. 2)

Afin d'étudier la contrainte interne existant dans un rocher, bien des méthodes sont connues. (HABIB - 1952, 1965) (HAST - 1964), répondant à des objectifs parfois différents. Pour aborder le problème du site d'Hendrik Verwoerd, nous nous sommes fixés d'abord de déterminer si des contraintes importantes existaient dans les dolérites, sans chercher tout de suite à déterminer direction ou répartition. En effet, le projet ne comporte pas de souterrains de grandes dimensions, la présence de contraintes internes ne peut alors intéresser que les fouilles ou les fronts de carrière. La connaissance de l'ordre de grandeur des contraintes est suffisante pour poser le problème qui, rappelons-le, est le but de notre travail.

3.21. Principe de l'essai.

Afin de fournir des indications valables pour les fouilles futures, l'essai a été localisé dans la dolérite au voisinage de la surface de rocher sain déterminé par les sondages.

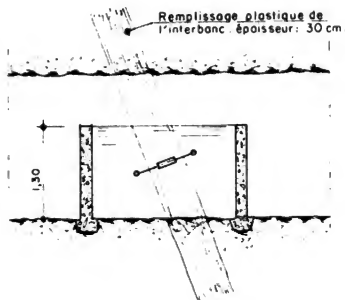
Il comporte (figure 137) un tronçon cylindrique de galerie de 2,30 m de diamètre, de 13 m de longueur, revêtu d'une gunité mince, qui peut être mis sous pression par de l'eau.

Tout d'abord, cinq trous de sondage de diamètre EX (37 mm) disposés comme l'indique la figure 137 sont forés rigoureusement verticalement dans un plan perpendiculaire à l'axe de la future galerie. Après un examen des carottes, nous avons déterminé, dans chacun des sondages, un emplacement correct pour placer des témoins de déformation à corde vibrante Télémac (E 90 et E 140) ; ces témoins ont été scellés avec un coulis sable-ciment sans pression. Au bout de 15 jours, temps de durcissement du scellement, l'excavation de la partie circulaire de la galerie qui a servi de chambre de mise en pression a été commencée.

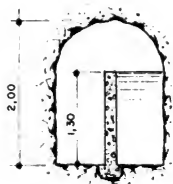
On a spécifié à l'entrepreneur de n'utiliser que le minimum d'explosif en volée réduite. Le chiffre moyen de consommation d'explosif ressort à 130 grammes par tonne pour des volées de 2,50 m.

La déformation des témoins scellés dans le rocher a été mesurée avant et après chaque volée jusqu'à ce que la galerie ait sa longueur définitive ; puis la décompression du rocher a été suivie par des lectures espacées convenablement dans le temps. Les parois de la galerie ont été ensuite gunitées, simplement pour les rendre imperméables et un bouchon de 3 mètres d'épaisseur a été coulé à l'entrée de la chambre de mise en pression puis injecté pour le rendre étanche. Il comporte des canalisations électriques, des canalisations pour l'introduction d'eau sous pression et un trou pour le passage d'un homme. A l'intérieur de la chambre de mise en pression, on a scellé dans les parois

COUPE VERTICALE



COUPE VERTICALE A-A



COUPE HORIZONTALE

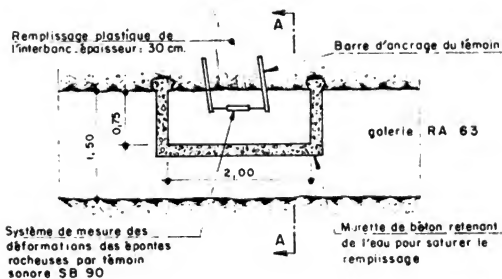
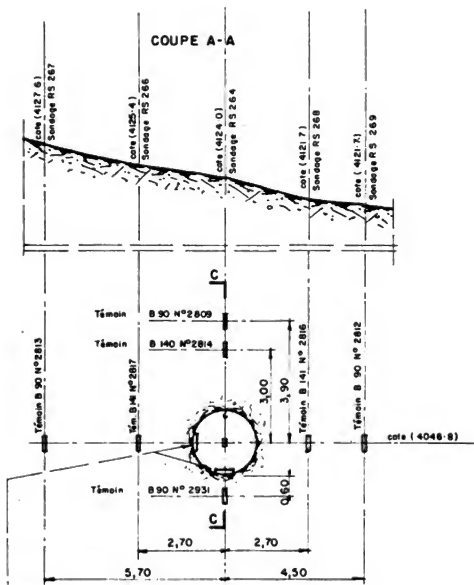


fig 136

SITE DU BARRAGE DE TACHIEN
 ESSAIS DE GONFLEMENT
 D'UN INTERBANC PLASTIQUE

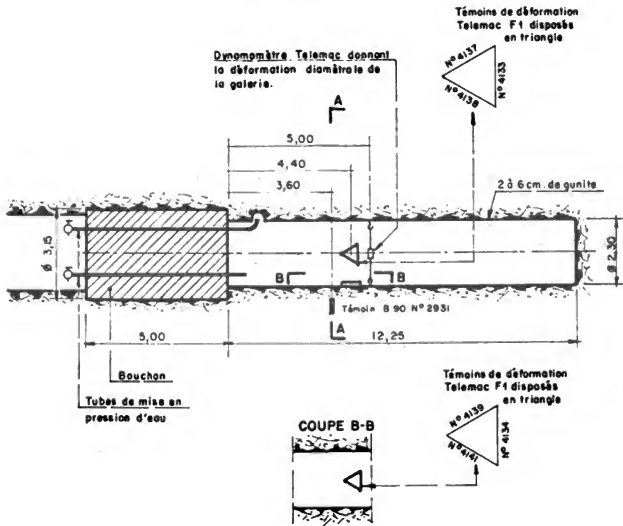


Témoins Telemac donnent
 les déformations de peau
 du rocher.

BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

ESSAIS DE MISE EN PRESSION D'UNE PORTION CIRCULAIRE DE GALERIE

COUPE C - C



B 90 Témoins sonores de déformation Telemac scellés dans des trous de sondages verticaux.
 B 141

des séries de trois témoins Télémac F 1 en triangle et un dispositif dynamométrique capable de mesurer les déformations diamétrales de la galerie (figure 138).

Les témoins ont été scellés dans le rocher en avril 1964. Le premier essai de mise en pression a eu lieu le 30 janvier 1965. L'essai définitif à plus haute pression le 17 février 1965.

L'essai permet :

- de connaître la grandeur des contraintes dans le rocher à l'état naturel.
- de connaître la décompression du rocher autour d'une excavation cylindrique.
- et, en plus, de mesurer le module de déformation d'une importante masse de rocher.

3.22. Résultats

3.221. Décompression.

Les courbes de la figure 139 donnent les enregistrements des déformations en fonction du temps après que les témoins aient été scellés dans le rocher et que le scellement ait fait prise. Ces courbes montrent que les déformations sont enregistrées au-delà d'une distance de 2 diamètres à partir de l'axe de la galerie, ce qui est couramment la limite admise au-delà de laquelle les déformations ne se font plus sentir. Notons toutefois que ces déformations sont de faible amplitude et que la déformation la plus importante est due au témoin le plus éloigné. Ceci prouve que les joints peuvent avoir une influence prépondérante par rapport à celle de la matrice proprement dite lors d'une décompression.

3.222. Grandeur de la contrainte.

Afin de connaître la grandeur de la contrainte in-situ avant percement de la galerie nous avons mis en charge, par une pression d'eau, l'intérieur du tronçon circulaire en surveillant les indications des témoins de déformation scellés dans le rocher. La pression où la déformation est revenue à l'état initial donne l'ordre de grandeur de la contrainte. Les courbes de la figure 140 montrent que les lectures des deux témoins les plus proches de la galerie reviennent à l'état initial pour une pression de 20 à 30 bars. Le témoin le plus extérieur montre une déformation aberrante due certainement au jeu particulier d'un joint. Bien que supérieures à la contrainte géostatique due aux 26 m de charge de terrain - 7 bars -, ces valeurs de 20 à 30 bars sont relativement faibles ; nous avons donc décidé, par la suite, de ne pas chercher à préciser leur orientation.

3.223. Modules de déformation

Les courbes des figures 140, 141 et 142 montrent les variations de lecture, soit des témoins scellés dans le rocher en profondeur, soit des témoins scellés en surface dans la galerie et les variations diamétrales de la galerie au cours d'essais de montée en pression jusqu'à 35 bars.

Dans l'hypothèse très simplificatrice d'un cylindre infiniment long creusé dans un milieu homogène, isotrope, élastique, le module élastique de déformation, calculé à partir des déformations diamétrales, est obtenu avec la formule suivante (TIMOSHENKO 1960 - page 217)

$$E = \frac{(1 + \nu) p}{\frac{\Delta D}{D}}$$

dans laquelle :

- ΔD est la déformation diamétrale
- D le diamètre de la galerie
- p la pression interne atteinte
- ν le coefficient de Poisson statique égal à 0,2

Lorsqu'un témoin est localisé dans le rocher à une distance d de l'axe de la galerie, la formule donnant le module de déformation élastique est :

$$E = \frac{1 + \nu}{4} p \frac{D^2}{d^2} \frac{1}{\frac{\Delta l}{l}}$$

dans laquelle $\frac{\Delta l}{l}$ est la déformation relative mesurée par le témoin.



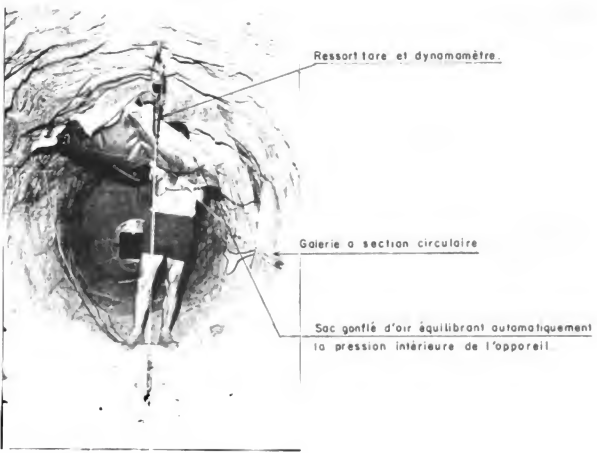
Témoins de déformation Telemoc FI
disposés en triangle vertical

Coffrage du bauchon.

Trau d'homme

Témoins de déformation Telemoc FI
disposés en triangle horizontal.

On remarquera la surface gonflée
de la galerie à section circulaire



Ressort tare et dynamomètre.

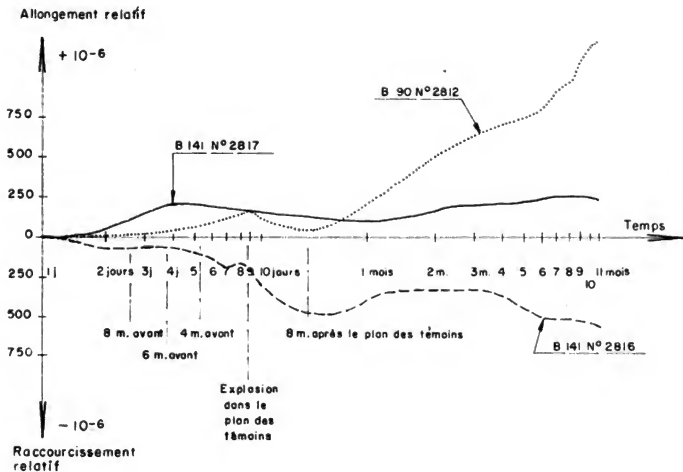
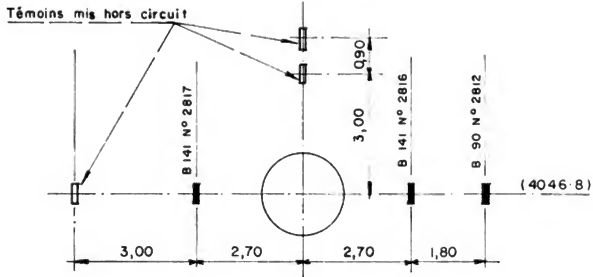
Galerie à section circulaire

Sac gonflé d'air équilibrant automatiquement
la pression intérieure de l'appareil.

Photo prise lors d'un essai identique sur un
autre site.

Le dynamomètre utilisé est le même; on
remarquera que la surface de la galerie
n'est pas revêtue ici, l'essai devant se
faire à moindre pression.

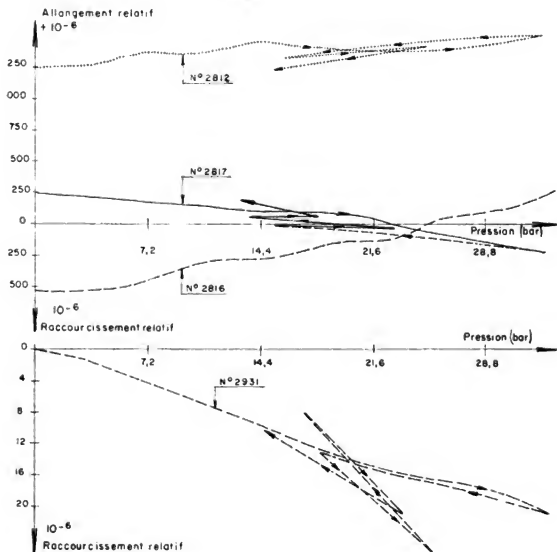
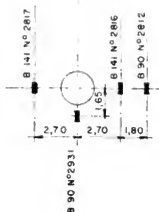
BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD
ESSAI DE MISE EN PRESSION
D'UNE PORTION DE GALERIE



BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

ESSAIS DE DÉCOMPRESSION
DU ROCHER EN FONCTION DU TEMPS

fig 139.



BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

ESSAIS EN PRESSION
 D'UNE PORTION CIRCULAIRE DE GALERIE
 COURBES DE VARIATIONS DE LONGUEUR RELATIVE
 DES TEMOINS SCÉLÉS EN FONCTION DE LA PRESSION
 fig 140.

L'erreur commise sur E en prenant un coefficient de Poisson arbitraire est :

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{\Delta \nu}{\nu}, \text{ soit } 25\%$$

L'application de ces formules donne des valeurs de module de déformation élastique de 210.000 bars dans le cas des déformations diamétrales et 243.000 bars dans le cas des déformations mesurées à l'intérieur du rocher par le témoin n° 2931 (figure 140). Ces chiffres sont très semblables à ceux obtenus lors des essais au vérin, ce qui montre, dans ce cas, que le changement d'échelle de l'essai a peu d'effet sur le résultat obtenu.

Dans un milieu homogène et élastique percé d'un cylindre infiniment long, soumis à une pression intérieure uniforme, les déformations axiales (parallèles à une génératrice) de la surface du cylindre sont nulles et les déformations tangentielles (tangentes à une directrice) sont toutes égales.

Les résultats de la figure 141 montrent que les déformations principales mesurées sont différentes des déformations théoriques. Toutefois, on peut remarquer que les directions des déformations principales mesurées sont bonnes et que la déformation axiale est très petite ; ceci nous porte à penser que le massif présente une homogénéité convenable.

En comparant les déformations tangentielles verticales et horizontales de cet essai avec les déformations obtenues suivant les mêmes directions par les essais au vérin, on voit que les essais au vérin ne montrent pas l'anisotropie indiquée par l'essai de la galerie en charge. Il faut remarquer cependant que pour les premiers essais, nous avons considéré l'ensemble des résultats de la campagne de reconnaissances, alors que pour le second, nous n'avons que le résultat local d'un seul essai. On serait donc tenté de considérer le massif de dolérite comme homogène et isotrope en masse avec, localement, des variations dues aux joints.

Les mesures de dilatation volumétrique résumées sur la figure 142 montrent, qu'à partir de quelques bars, l'augmentation du volume du tronçon de galerie est proportionnelle à la pression. Il serait toutefois illusoire de calculer un module de déformation, car les volumes ont été mesurés par des moyens assez rudimentaires et nous n'avons pas eu la possibilité de connaître avec précision la part qui revient aux fuites à travers le terrain.

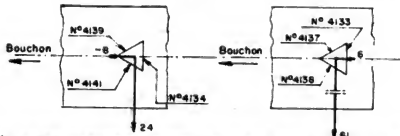
3.23. Conclusion

Au voisinage des futures fondations du barrage, les contraintes résiduelles dans la dolérite ne sont que de quelques dizaines de bars, ce qui est faible ; par contre, la relaxation de ces contraintes peut s'étendre à une distance assez grande (supérieure à deux fois le diamètre de la galerie d'essai). Le module de déformation élastique obtenu dans cet essai de grande dimension, est égal à celui obtenu pour des essais au vérin plus locaux.

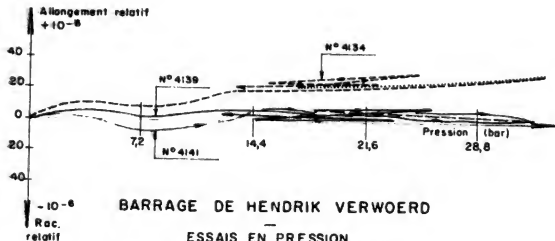
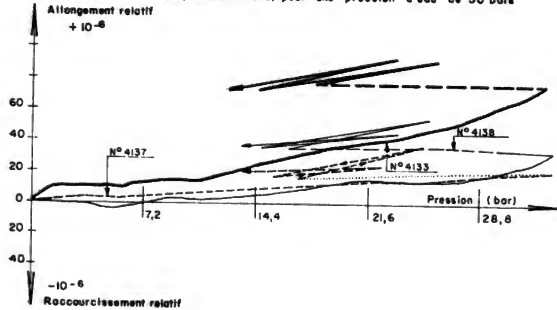
On peut en déduire que l'action des joints commence à petite échelle : celle de l'essai au vérin, c'est-à-dire le mètre. En l'absence de discontinuités à grande maille, les valeurs obtenues semblent bien représenter la valeur moyenne valable pour tout le massif.

Coupe B-B (horizontale)

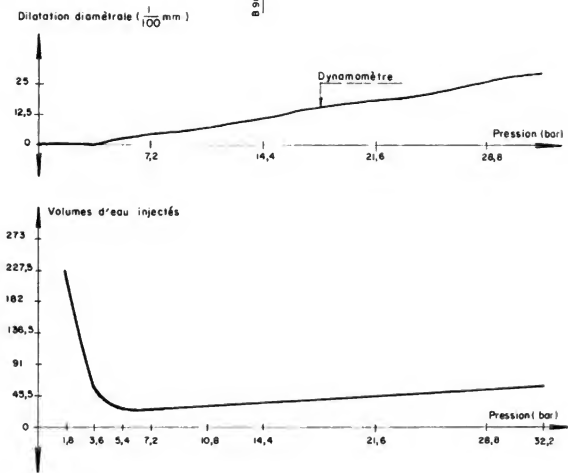
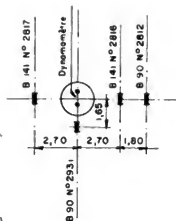
Coupe C-C (verticale)



Déformations principales (microns) pour une pression d'eau de 30 bars



BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD
 —
 ESSAIS EN PRESSION
 D'UNE PORTION CYLINDRIQUE DE GALERIE
 —
 VARIATIONS RELATIVES DES LONGUEURS
 DES TEOINS F1 SELLES EN TRIANGLES
 fig 141.



BARRAGE DE HENDRIK VERWOERD

ESSAIS EN PRESSION D'UNE PORTION DE GALERIE
DILATATION DIAMÉTRALE ET ABSORPTION D'EAU
EN FONCTION DE LA PRESSION

fig 142.

IV. - TRAITS SPECIFIQUES DES ESSAIS GEOMECHANQUES EXECUTES.

1.

Nous venons de voir les possibilités d'un certain nombre de techniques de mesures des caractères physiques d'un volume rocheux. La validité de ces essais est définie par la maille des discontinuités mécaniques divisant le massif. En effet, dans tous les cas envisagés, le massif est formé de morceaux plus ou moins volumineux de roche dont les caractéristiques mécaniques sont déterminables et satisfaisantes, séparés par des surfaces de types différents. L'assemblage forme le massif dont les caractéristiques mécaniques sont largement plus faibles que celles des éléments constitutifs.

Par le classement des différents types de discontinuités selon leur maille et leur direction, le géologue peut approcher la connaissance de la structure du massif et apprécier la validité de différents types d'essais possibles.

2.

Parmi les moyens géomécaniques courants que nous avons utilisés pour étudier certains aspects d'une fondation, quelques uns ont fourni d'utiles résultats, d'autres se sont montrés nettement moins satisfaisants.

2.1. Les lames minces colorées.

A l'échelle d'une centaine de centimètres cubes, l'emploi des lames minces colorées semble prometteur. En effet, outre l'étude pétrographique classique qui est nécessaire à la description du massif, elles permettent d'estimer la microfissuration et ses conséquences : perméabilité et porosité. Il est hors de propos de vouloir donner aux chiffres obtenus par corrélation ou par formule, une signification rigoureuse, mais nous pensons qu'ils peuvent donner rapidement et à peu de frais un ordre de grandeur du phénomène décelé.

2.2. L'étude d'écrasements ou de déformations d'échantillons a montré que, même dans le cas le plus défavorable, les chiffres de résistance ou de modules obtenus après saturation étaient encore au-dessus de ce qu'il suffirait de trouver comme valeurs pour le site entier.

Les chutes de résistance avec l'imbibition caractérisent assez bien la nature pétrographique de la roche ; les dispersions de mesures sont fonction de la structure de l'échantillon.

2.3. Les essais au vérin.

A l'échelle du mètre cube, l'essai au vérin est employé couramment. C'est un essai relativement léger et peu coûteux dont l'intérêt croît avec le nombre d'essais.

Nous avons vu que les chiffres obtenus pour les modules de déformation étaient sujets à caution dans la plupart des cas, quand on tenait compte de la déformation du plateau et un peu plus représentatifs quand on envisageait la déformation du cratère au large. La validité de l'essai au vérin comme moyen d'obtention de modules de déformation, est liée à la maille de la fissuration et des joints ; mais même si la maille est telle que le module calculé ne peut être représentatif, nous pensons que l'exploitation des courbes de déformations peut être utile pour donner une idée de l'état de fracturation du rocher et de son desserrage de surface ; ce dernier point est en particulier précieux, puisque les premiers bétons du barrage reposent sur une zone plus ou moins épaisse qui présente les mêmes caractéristiques que celles mesurées par l'essai au vérin.

2.4. Les essais sismiques.

Etant donné leur volume d'investigation de quelques centaines de m³, ces essais sont intéressants pour l'étude d'une fondation de barrage là où les méthodes mécaniques (vérin par exemple) ont échoué.

Il faut toutefois distinguer deux voies à suivre dans l'étude d'un site par cette méthode :

a) - Recherche d'un module de déformation exploitable par le projecteur.

Dans ce cas, la connaissance de la vitesse de propagation de l'onde seule, même en admettant qu'on sache laquelle, semble insuffisante pour calculer ce module de déformation. Nous avons trouvé une corrélation entre essais sismiques et mécaniques, qui permet d'attribuer à la longueur d'onde une certaine importance. Toutefois,

cette corrélation a été établie à l'aide de résultats d'essais au vérin qui n'ont donné que le module d'un rocher de surface sans doute déjà desserré.

On obtient alors un ordre de grandeur par défaut alors que le module sismique brut donne un résultat largement par excès.

b) - Définition d'un "profil sismique" du site.

En mesurant systématiquement toutes les caractéristiques de l'onde, on peut dresser une "fiche" d'un massif ; puis, par comparaison, on peut arriver à trouver des similitudes dont on peut tirer des conclusions si l'un des sites est mieux connu que l'autre. Il faut noter que dans cette seconde utilisation de l'essai sismique, il s'agit essentiellement de comparaisons permettant à juste titre de faire apparaître un défaut ou d'appuyer la sécurité sur l'expérience acquise.

2.5. Les essais spéciaux.

Dans certains cas où un problème particulier se présentait, nous avons été obligés de projeter des essais de grande dimension pour mobiliser la plus grande masse de rocher en place possible. Ces essais, lourds et onéreux, sont peu nombreux : en effet, nous nous sommes efforcés de ne pas faire de similitude de temps, ce qui a imposé des essais de longue durée.

Sur le site de Ta Chien, nous avons examiné les réactions d'un inter banc argileux, soit à la décompression, soit à la saturation par l'eau, soit à l'érosion. Les résultats ont été satisfaisants car les conditions de l'essai étaient très voisines des conditions réelles.

Sur le site de Hendrik Verwoerd, nous avons cherché à étudier les caractéristiques d'un volume de quelques centaines de m³ de dolérite par l'intermédiaire d'une galerie en charge. L'essai, théoriquement simple, est technologiquement très compliqué ; aussi pensons-nous que de tels essais, s'ils sont reconnus indispensables, ne doivent être entrepris dans le cadre d'une étude pratique de fondation que lorsqu'on dispose de temps pour l'essai, et que le responsable peut séjourner continuellement sur place, ce qui a été le cas pour les essais décrits.

3.

En résumé, les essais effectués ont systématiquement mis en lumière le rôle joué par la nature pétrographique et la structure de la roche dans les différents classements que nous avons tenté de faire. Nous avons donc retenu un certain nombre de mesures simples capables de fournir rapidement des données précieuses sur la pétrographie et la structure du massif rocheux.

L'examen des matrices à l'aide de lames minces colorées révèle les phénomènes liés à l'altération et à la microdivision de l'échantillon.

Les relevés statistiques des écartements et des orientations des discontinuités mécaniques fournissent le schéma structural du massif dont les données peuvent être parfois utilisées dans des calculs simplifiés, mais surtout permettent de classer le site dans une "échelle" expérimentalement établie.

Parmi les essais géotechniques étudiés, nous avons retenu la petite sismique. En exécutant la plus grande série possible de "profils sismiques", on constitue une fiche du site qui permet, à la rigueur, de déterminer un coefficient de déformation pour un volume de quelques centaines de m³, mais surtout de comparer le massif à d'autres mieux connus, en soulignant en particulier le rôle joué par les discontinuités.

CONCLUSION GENERALE

Au terme de ce travail, résultat de sept années d'observations et de mesures, nous pouvons tirer quelques enseignements de portée générale.

Il existe de nombreuses façons d'aborder l'étude d'un massif ; selon les pays et les auteurs, telle méthode sera considérée comme fondamentale et quelquefois même comme suffisante à elle seule pour fournir la connaissance géomécanique d'un massif rocheux.

Nous avons montré que, loin de s'inscrire dans un cadre étroit, l'étude d'un site devait mettre en oeuvre un grand nombre de méthodes. En effet, tant que nous ne pouvons pas caractériser quantitativement les propriétés mécaniques des massifs rocheux à l'échelle de tout un appui de barrage - les seuls qui intéressent en définitive le constructeur - nous sommes contraints de mobiliser toutes les forces disponibles pour cerner au mieux les problèmes. La géologie, parce qu'elle est la seule à pouvoir donner une bonne classification de ces problèmes, doit donc avant tout être parfaitement connue.

Au cours de l'analyse particulière de certains problèmes, nous avons vu se dégager des propriétés singulières, à diverses échelles de dimensions, permettant de pallier l'insuffisance des mesures directement utilisables par des classements comparatifs de sites. A cet effet, nous avons étudié la roche aussi bien hors de son gisement naturel avec l'échantillon, que dans ce gisement avec les essais en place intéressant des volumes de roche variables depuis la fraction de mètre cube jusqu'à plusieurs centaines de mètres cubes.

Dans le cas des essais sur échantillon, nous nous sommes limités à l'étude des effets de l'eau sur les propriétés mécaniques de la roche.

Nos expériences sur la variation de la résistance par imbibition demanderaient à être complétées dans des conditions de filtration plus sévères. Toutefois, ce domaine a été abordé d'une façon indirecte par deux autres procédés.

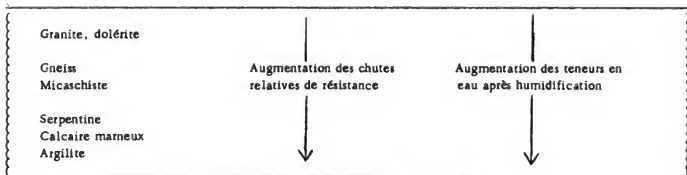
D'une part, J. BERNAIX (1966) a mesuré la résistance à la compression simple d'échantillons rocheux avant et après percolation sous très fort gradient. La résistance résiduelle n'était que modérément réduite.

D'autre part, des expériences de fatigue et de vieillissement par cycles d'humidification nous ont permis de déceler une forte augmentation des microdiscontinuités, qui cependant laisse l'échantillon entier.

Nous avons pu observer une bonne correspondance entre l'aspect optique des discontinuités et les résultats des mesures de perméabilité.

L'ensemble des résultats obtenus sur échantillons au cours de ce travail permet un classement, valable pour de petits volumes rocheux, fondé sur la composition minéralogique et sur la structure.

a) - Les chutes de résistance à la compression simple et à la traction brésilienne lors de l'humidification, ainsi que les absorptions d'eau correspondantes, permettent d'établir le tableau qualitatif suivant :



b) - Les dispersions des résultats d'écrasement, les perméabilités et leur variation avec les contraintes, traduisent la plus ou moins grande complexité de la microstructure. On peut évaluer cette complexité par le critère suivant : écartement moyen et épaisseur des microdiscontinuités observées statistiquement à l'aide de lames minces colorées.

Dans le cas des essais faits sur la roche en place, on aborde l'étude "d'échantillons" de grande dimension et dans des conditions voisines des conditions naturelles.

A l'échelle de quelques mètres cubes nous avons pu, par les essais au vérin, obtenir des indications précieuses sur la structure des roches, à condition d'analyser finement toutes les composantes des déformations. Le domaine des déformations irréversibles s'est montré particulièrement fécond. La comparaison des courbes obtenues met très clairement en évidence l'influence des discontinuités découpant le volume sollicité par l'essai, depuis la dimension des microdiscontinuités jusqu'aux joints éventuels. On peut distinguer la part de la division superficielle de celle de la division profonde. Les discontinuités de la surface se reflètent surtout dans les variations de la déformation globale en fonction de la pression appliquée, tandis que le desserrage des discontinuités de la profondeur se traduit par la valeur du rapport $\frac{E}{P}$ de la déformation élastique à la déformation globale.

De son côté le critère : $C_p = \frac{\text{déformation résiduelle à contrainte nulle}}{\text{contrainte maximale atteinte}}$ traduisant la fraction non réversible des déformations, met bien en évidence les structures finement divisées où intervient l'interface des discontinuités (oxydation ou altération argileuse).

Comme dans l'échantillon de laboratoire, l'influence prépondérante de la structure de la roche se dégage donc, mais à une échelle plus grande.

Pour atteindre l'ordre de grandeur du massif d'appui, il fallait recourir à d'autres méthodes. C'est ce qui nous a conduit à utiliser la petite sismique, mais en la complétant car la mesure des seules vitesses de propagation est insuffisante pour traduire les propriétés mécaniques d'un massif.

C'est la combinaison, mise en lumière par des corrélations expérimentales, des vitesses, fréquences, pertes d'énergie et timbres qui est significative. En particulier, les deux vitesses, longitudinale et transversale, et la fréquence fournissent des indications sur la déformabilité réversible du massif ; la nature de la matrice rocheuse et sa structure sont plus particulièrement sensibles à la fréquence ; la fracturation à grande maille se traduit par de fortes variations des pertes d'énergie.

La structure de volumes rocheux de plusieurs centaines de mètres cubes, structure qui est à l'origine des différentes réactions sismiques observées sur de nombreux exemples, est ainsi mise en relief par des essais nouveaux.

La stabilité de volumes encore plus grands a pu être étudiée à partir d'essais spéciaux faits, cette fois, sur les éléments singuliers de la structure : matériaux de remplissage de faille, bancs particuliers.

De l'ensemble des essais sur la roche en place que nous avons effectués, nous avons dégagé un certain nombre de critères dont les plus significatifs sont regroupés dans le tableau ci-après. Ces critères ont été définis dans le texte.

On peut faire sur ce tableau une constatation importante : plus que la nature pétrographique de la roche, ce sont le type et le nombre des discontinuités, à toutes les échelles de la structure, qui commandent les valeurs numériques des critères proposés. A ce titre, ils peuvent contribuer à la connaissance mécanique du massif. C'est ainsi qu'une grande valeur :

- de $\lambda/2$ correspond à des roches très divisées à petite échelle, ou très altérées.
- des pertes d'énergie correspond à de nombreux joints, à l'échelle métrique, souvent ouverts.
- de C_p correspond à des remplissages plastiques ou plus généralement à la possibilité de déformations irréversibles importantes.
- de $\frac{E}{P}$ correspond à une structure ouverte.

Lors de l'étude des échantillons, nous avons vu l'importance de la nature minéralogique de la roche, quant à l'action de l'eau d'imbibition. Lors de l'étude de la roche en place, c'est la structure de l'ensemble du massif qui joue le rôle prépondérant. Pour l'étude d'éléments de structure, nous avons proposé un certain nombre de méthodes géomécaniques, en recourant, comme il est de règle dans un domaine aussi neuf, à des comparaisons aussi larges que possible.

Types de roche Altération Structure essentielle	Demi-longueur de l'onde transversale (mètre) $\frac{\lambda}{2}$	Pertes d'énergie (unité de gain potentiométrique par mètre)	Coefficient de dé- formation perma- nente dans l'essai au vérin (1/100 mm par/bar) Cp	Module de défor- mation élastique Module de défor- mation globale $\frac{E}{\Gamma}$
Dolérite très saine ; division mé- trique sans aucun remplissage ; roche compacte.	3	7	0.2	2
Schiste cristallin sain mais très divisé, sans remplissage ; roche parfois ouverte ; écartement moyen décimétrique.	3,3	23	0.8	1 à 30
Granite très divisé (dm) avec une importante oxydation des interfaces, roche parfois ouverte.	4	---	1 à 5	5 à 11
Quartzite plus ou moins schisteux ; nombreux joints sans remplissage ; écartement moyen de l'ordre du mètre.	4.2	---	0.01 à 1	2
Gneiss moyennement altéré ; division importante mais sans grands remplis- sages ; roche parfois desserrée.	4.6	13	1	1 à 15
Gneiss altéré ; structure très com- plexe ; division du mm à la centaine de mètres avec de nombreux remplis- sages (films argileux, mylonite, brèche) laissant toutefois la roche compacte.	5	10	1 à 10	2

Cette voie purement expérimentale devra être complétée par des recherches théoriques, de façon à expliquer physiquement les propriétés et les corrélations établies. Nous n'avons, dans le présent travail, que cherché à donner à l'ingénieur quelques éléments nouveaux pour guider ses choix et ses décisions dans l'établissement d'un projet, ayant constaté qu'il était extrêmement démuné pour la prévision du comportement des massifs à l'échelle d'un grand barrage.

Quoi qu'il en soit, c'est la définition de la structure qui reste le premier objectif du géologue.

Pour mieux la caractériser, nous avons proposé, outre les graphiques polaires bien connus, d'une part une répartition de toutes les discontinuités mécaniques du massif en catégories définies essentiellement par les dimensions, la plus ou moins grande régularité d'orientation et les remplissages des divers constituants, d'autre part une représen-

tation graphique de chaque catégorie, fonction du caractère plus ou moins systématique de la répartition des éléments constitutifs.

Nous pensons que cela constitue une bonne approche du problème de l'étude de la stabilité d'un massif car :

- on peut immédiatement juger de la validité des reconnaissances possibles,
- on peut apprécier le problème prédominant : cisaillements localisés, déformation d'ensemble, sous-pressions d'eau, etc... en comparant l'importance relative des catégories étudiées.

Voilà résumés quelques moyens que nous considérons comme essentiellement destinés à être utilisés par le géologue dans le cadre de sa mission de description du site et d'appréciation de ses capacités à constituer une fondation de qualité pour un ouvrage déterminé.

Aucune des méthodes envisagées n'est capable de rendre, à elle seule, compte des phénomènes complexes que met en jeu la stabilité d'un massif rocheux, mais chacune d'elles permet, par le recours à des comparaisons justifiées, d'avancer d'un pas vers une meilleure connaissance du problème.

Le recours constant à la comparaison, qui a été notre règle tout au long de ce travail, peut se faire a posteriori sur des ouvrages construits et surveillés, fonctionnant normalement et fournissant ainsi un exemple précieux.

Nous pensons que cette manière d'aborder le problème, nécessitant en outre un géologue responsable, pourvu de moyens étendus dès le début de son enquête, est une des meilleures en attendant que les progrès futurs puissent nous assurer une solution mécanique complète du problème de stabilité des massifs rocheux de fondation des grands ouvrages.

BIBLIOGRAPHIE

- BARBIER R., GIGNOUX M. (1955) - Géologie des barrages et des aménagements hydrauliques. Paris. Masson. 344 p., 176 fig., 28 pl.
- BELLIER J., SCHNEIDER B. (1963) - Microcracking in concrete. Journ. Of. Am. Concrete Inst. Discussion 60/31.
- BERNAIX J. (1966) - Contribution à l'étude de la stabilité des barrages-voûtes. Thèse Doc. ès Sc. Appl. Paris.
- BERTON M. (1965) - Applications scientifiques des explosions nucléaires. 1ère partie : excavations, 88p. 2ème partie : géologie, 158 p. Série Bibliographiques, C.E.A.
- BJERRUM P., BREKKE, MOON, SELHER-OLSEN (1963) - Some Norwegian studies and experiences with swelling materials in rock gouges. Rock Mechanics and Engineering Geology. Vol. 1, n° 1.
- BUCHHEIM W. (1961) - Zur Berücksichtigung der Zeitabhängigkeit in der Theorie des Mechanischen Verhaltens von Gesteinsmassen. Geologie und Bauwesen. Vol. 2, n° 1.
- BORDET P. (1951) - Etude géologique et pétrographique de l'Estérel. Mémoire pour la carte géologique. 207 p. 81 fig.
- CAMBEFORT M. (1964) - Injection des sols, tome 1. Paris. Eyrolles. 400 p., 104 fig.
- CAPDECOMME, FARRAN, ORLIAC (1951) - Sur l'emploi de techniques minéralogiques dans l'essai des matériaux de barrages. 4ème Congrès des Grands Barrages, C4.
- CAQUOT A., KERISEL J. (1966) - Traité de mécanique des sols. Paris. Gauthier-Villars. 560 p., 150 fig.
- CLAR E. (1963) - La structure et le comportement des corps rocheux au point de vue géologique. Rock Mechanics and Engineering Geology. Vol. 1, n° 1 (traduction COYNE et BELLIER)
- (1939) - Les crevasses dans les affleurements rocheux. Geologie und Bauwesen. Vol. 2 (traduction C. et B.)
- COLBACK B., WILD L. (1964) - Influence of moisture content on the compressive strength of rocks. Document intérieur du N.M.E.R. Inst. Afrique du Sud. 22 p., 9 fig.
- COMMISSION D'ENQUETE DU BARRAGE DE MALPASSET (1960) - Rapport définitif. Ministère de l'Agriculture. 4 tomes.
- COMMISSION D'ENQUETE DU BARRAGE DE MALPASSET (1962) - Rapport d'expertise sur la rupture du barrage.
- COMMISSION D'ENQUETE DU BARRAGE DE MALPASSET (1964) - Rapport de contre-expertise sur la rupture du barrage de Malpasset. Texte, 3 annexes.
- COMPTE-RENDU DU 8ème CONGRES INTERNATIONAL DES GRANDS BARRAGES (1964) - Question 28. Paris. Gauthier-Villars. 1131 p.
- CRANDELL F.J. (1955) - Determination of Incipient Roof Failures in Rock Tunnels by Micro-Seismic Detection. Boston Soc. of Civ. Eng. pp. 89-109.
- DERRE D.U. (1966) - Discussion thème 1. 1er Congrès International de Mécanique des Roches. Tome 3. Lisbonne. Laboratorio Nacional de Engenharia Civil.
- DREUX G. (1965) - Contribution à l'étude du comportement des éprouvettes de béton. Ann. I.T.B.T.P. n° 206. pp.297-313, 12 fig., 4 tab.
- DUFFAUT P., LAKSHMANAN J. (1965) - Les mesures de déformabilité à la paroi du massif rocheux. Travaux Nov. pp. 609-616. 15 fig.
- DUTOIT A.L. (1954) - Geology of South Africa. Edinburg. Oliver and Boyd. 600 p., 86 fig.
- FOX P., MEYER A., TALOBRE J. (1964) - Foundation of Palavi dam. 5ème Congrès des Grands Barrages. Q 28. R 1. 21 p., 10 fig.
- GOODMAN R., BLAKE J. (1964) - Investigation of rock noise in landslides and cut slopes. 15ème Congrès Mécanique des Roches. Salzburg.

- GROUPE DE TRAVAIL FRANCAIS (1964) - Les effets chimico-physiques de l'eau dans les appuis de barrages. 8ème Congrès des Grands Barrages. Q 28, R 17, 20 p., 3 fig.
- GROUPE DE TRAVAIL FRANCAIS (1964) - Déformabilité des massifs rocheux, analyse et comparaison des résultats. 8ème Congrès des Grands Barrages. Q 28, R 15, 25 p., 24 fig.
- HABIB P., BERNEDE J., CARPENTIER L. (1965) - Résultats des mesures de contraintes effectuées dans divers souterrains en France. Annales I.T.B.T.E. n° 210, pp. 824-834, 12 fig.
- HALL J., RICHARD F. (1963) - Dissipation of elastic waves energy in granular soils. ASCE Soil Mec. Nov.
- HAMROL R. (1961) - A quantitative classification of the weathering and weatherability of rocks. 5ème Congrès de Mécanique des Soils. 7/3.
- HAST N., NILSSON T. (1964) - Recent rock pressure measurements and their implications for dam buildings. 8ème Congrès des Grands Barrages. Q 28, R 32, 9 p., 2 fig.
- HOUPERT R. (1966) - Variation de la résistance à la compression simple des roches grenues en fonction de la vitesse de mise en charge. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 262, pp. 1423-1425, 1 fig.
- (1966) - Influence de la granulométrie sur le comportement à la rupture des roches. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 263, pp. 308-311, 1 fig.
- (1966) - Relation entre la résistance à la rupture des roches et la dimension de leurs minéraux. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 263, pp. 516-519, 1 fig.
- HOUPEURT A. (1951) - Mesure des perméabilités. Revue I.F.P. Juin.
- I.O.R.C.C. (1965) - Final geological report on Hendrik Verwoerd and Van Der Kloof dam sites. Johannesburg. (Private).
- JAEGER CH. (1965) - Tendances actuelles et difficultés en mécanique des roches. Schweizerische Bauzeitung. Oct. pp. 789-793, 12 fig.
- (1964) - Rock mechanics for dam foundation. Civ. Eng. I.C.O.L.D. Suppl. May. pp. 3-19, 17 fig.
- JUNG J. (1958) - Précis de pétrographie. Paris. Masson. 314 p., 160 fig., 20 pl.
- KESSLER C., CHANG T. (1962) - Review of sonic methods for the determination of mechanical properties of solid materials. Univ. Illinois. Report 54 (Mécanique appliquée).
- KESSLER C., HIGUCHI Y. (1953) - Determination of strength of concrete by using its sonic properties. Proc. Am. Soc. of testing materials. n° 3.
- LANCASTER-JONES P.F. (1966) - Bibliography of rock mechanics. Croydon. The cementation Company. 89p.
- LANGER M. (1964) - Theorie, Methode und Anwendungsmöglichkeit dynamischer Messungen im Felshohbau. 15 ème Congrès de Mécanique des roches. Salbourg. 25 p., 8 fig.
- (1965) - Kennzeichnung des Druck-Deformations Verhaltens von Gebirgskörpern. Document intérieur. Bundesanstalt für Bodenforschung. 37 p. (Traduction COYNE et BELLIER)
- LEGGET R.F. (1962) - Geology and Engineering. N.Y. Mc Graw-Hill Book Co. 884 p., 118 fig.
- LEXIQUE STRATIGRAPHIQUE INTERNATIONAL (1956) - Taiwan Vol. 3, fasc. 4. 143 p., 1 carte.
- LINK H. (1964) - Evaluation of elasticity moduli of dam foundation rock determined seismically in comparison to those arrived at statically. 8ème Congrès des Grands Barrages. Q 28, R 45. 25 p., 10 fig.
- LONDE P. (1965) - Une méthode d'analyse à trois dimensions de la stabilité d'une rive rocheuse. Annales des p. et c. Jan-Fev.
- LONDE P., SABARLY F. (1966) - La distribution des perméabilités dans la fondation d'un barrage-voûte en fonction du champ de contrainte. Com. 1er Congrès International de Mécanique des Roches. Lisbonne.

- LUGEON M. (1933) - Barrages et géologie. Paris. Dunod. 136 p., 41 fig.
- MAZENOT P. (1965) - Interprétation de nombreuses mesures de déformation exécutées sur massifs rocheux par E.D.F. Ann.les I.T.B.T.P. Fev. pp. 235-245, 15 fig.
- MIELENZ R. (1959) - Petrographic and engineering properties of igneous rocks, U.S.B.R. Tech. inf. Branch.
- MILLOT G. (1964) - Géologie des argiles. Paris. Masson. 499 p., 75 fig., 12 pl., 15 tab.
- MULLER L. (1963) - Stabilité des talus rocheux, un problème spécifique de géomécanique
Rock mechanics and Engineering geology. Vol. 1, n° 1. (Traduction COYNE et BELLIER).
- (1963) - Der Felsbau. Vol. 1. Stuttgart. 624 p., 307 fig., 22 tab.
- (1964) - Design of rock slopes (from state of stress in the earth's crust). Am. Elsevier Pub. Co. Inc.
- NOSE M. (1964) - Rock tests in situ, conventional tests on rock properties and design of Kurobegawa n° 4 dam based thereon. 8ème Congrès des Grands Barrages. Q 28, R 12. 33p., 40 fig.
- ONODEKA T.F. (1963) - Dynamic investigation of foundation rocks in situ. Proc. of 5th symposium on rock mechanics. Un. Minnesota. Pergamon Press. pp. 517-533, 6 fig.
- PELTIER R. (1954) - Etude théorique de l'essai brésilien. Bulletin R.I.L.E.M. Oct.
- PETTUJOHN F. (1957) - Sedimentary rock, 2nd edition. New-York. Harper and Brothers. 526 p.
- RICKER N. (1963) - The form and nature of seismic waves and the structure of seismograms. Geophysics. Vol. 5. pp. 348-357.
- RITTMANN L. (1963) - Les volcans et leur activité. Paris. Masson. 301 p., 113 fig.
- SANDER B. (1948) - Introduction à la science des structures des massifs, Vienne Springer.
- (1926) - Zur Petrographisch-Tektonischen Analyse. Vienne. Bul. d. Geol. Bundesanstalt.
- SCHIEBLAUER L. (1963) - Modellversuche zur Klärung des Spannungszustandes in steilen Böschungen. Rock Mechanics and Engineering Geology. Vol. 1, n° 1.
- SCHMIDT W. (1925) - Gefügestatistik, Tschermarks min. und petrog. Mitt.
- SELIG T., VEY E. (1965) - Shock induced stress waves propagation in sand. A.S.C.E. soil mec. May.
- SERAFIM J.L. (1964) - Etude des fondations rocheuses de barrages en béton. Annales I.T.B.T.P. Mai.
- SOCIETE INTERNATIONALE DE MECANIQUE DES ROCHES (1966) - Comptes-rendus du 1er Congrès. Lisbonne. Laboratorio Nacional de Engenharia Civil, T.1, 795 p., 650 fig. T. 2, 679 p., 350 fig.
- SOCIETE INTERNATIONALE DE MECANIQUE DES ROCHES (1966) - Enquête sur la recherche dans le domaine de la mécanique des roches, Lisbonne. 66 p.
- STINI J. (1942) - Talzuschub und Bauwesen. Die Bautechnik.
- SUSSTRUNK (1957) - La détermination des modules d'élasticité des roches à l'aide de mesures sismiques. Note non publiée, Zurich, Septembre. 15 p.
- SZENDREI M. (1960) - The frequency content and attenuation of seismic wavelets along surface of different types of soils. Geoph. pur. appl. 46, pp. 47-65, 10 fig.
- TALOBRE J. (1957) - La mécanique des roches. Paris. Dunod. 444 p., 161 fig.
- (1961) - La détermination expérimentale de la résistance des roches d'appui de barrages et de parois de souterrains. 7ème Congrès des Grands Barrages. Q 25. 25 p., 18 fig.
- TEIICHI KOBAYASHI (1954) - On the tectonic history of Taiwan. Jour. of Sc. univ. Tokyo. Vol. 9, part. II, sect. II.

- TELEMAC (1965) - References - Auscultation permanente ou provisoire de tous les ouvrages d'art. Paris. Promotion vente.
- THENOZ B., FARRAN J. (1965) - L'altération des roches, ses facteurs, sa prévision. Annales I.T.B.T.P. Nov. pp. 1534-1548, 5 fig.
- TERZAGHI K. (1961) - Engineering geology on the job and the class room. Jour. Boston Soc. Civil Eng. 48. pp. 335-347.
- TERZAGHI R. (1965) - Sources of error in joint survey. Geotechnique, Sept. pp. 287-304. 12 fig.
- TIMOSHENKO (1960) - Résistance des matériaux. Vol. 2. Paris. Béranger. 544 p., 270 fig.
- U.S.B.R. (1959) - Strength, petrographic and elastic properties of rock cores from Sly Park Dam site. U.S.B.R. Tec. Inf. Branch. 19 p., 5 fig.
- VIALON P. (1966) - Etude géologique du massif cristallin Dora-Maira (Italie). Grenoble. Thèse Doc. d'Etat.
- WALSH J.B. (1965) - The effect of cracks on the Uniaxial Elastic Compression of Rocks. Journ. of Geoph. Research, January 15. Vol. 70, n° 2. pp. 399-411, 11 fig.

LU
M
N
N
N

1.6
im

1-13 25

IX DU LABORATOIRE DE GEOLOGIE DE LA FACULTE DES SCIENCES DE GRENOBLE

MEMOIRES

N° 8

STANFORD UNIVERSITY
LIBRARIES
BRANNER EARTH SCIENCE LIBRARY
JAN 12 1972

COLLOQUE SUR
L'HYDROGEOLOGIE KARSTIQUE DU
MASSIF DU VERCORS

GRENOBLE

16 NOVEMBRE 1968

TOME I

AVANT-PROPOS

En raison de l'intérêt soulevé par le premier Colloque sur l'Hydrogéologie karstique du massif du Vercors, organisé par le Service d'Hydrogéologie du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble, nous aurions souhaité pouvoir adresser aux 180 participants, dans les plus brefs délais, le texte des 23 communications qui furent présentées le 16 novembre 1968 lors des deux séances placées sous la présidence de Monsieur le Doyen L. MORET, membre de l'Institut, de Monsieur J-L. LACROIX, Directeur de l'Agence de Bassin Rhône Méditerranée Corse et de Monsieur FIORAVANTE, Ingénieur en chef du Service Régional d'Aménagement des Eaux à Valence.

Des difficultés d'ordre pratique et surtout financières nous ont contraint à reporter de mois en mois l'impression des comptes rendus.

Grâce à l'aide du Conseil Général du Département de l'Isère et du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Grenoble, que nous tenons à remercier ici, ceux-ci seront publiés en deux volumes regroupant les communications classées par ordre alphabétique des noms d'auteur et nous sommes heureux de présenter aujourd'hui le tome I, en espérant pouvoir présenter le tome II d'ici la fin de l'année 1970. Les moyens techniques dont nous disposons ne nous permettent pas d'obtenir la perfection que nous aurions souhaitée et nous sollicitons l'indulgence du lecteur pour les erreurs qu'il pourra relever.

Il nous semble que chacun des travaux qui ont été présentés au Colloque apporte des résultats nouveaux qui permettent de faire avancer les connaissances sur l'hydrogéologie karstique de cet immense massif qu'est le Vercors, mais compte tenu des grandes difficultés d'exploration et d'observation, il paraît nécessaire qu'un délai assez long s'écoule avant qu'un ensemble aussi riche de faits nouveaux puisse être à nouveau présenté. Il paraît donc, dès maintenant raisonnable de proposer que le deuxième Colloque sur l'Hydrogéologie karstique du massif du Vercors ait lieu au mois de novembre 1972.

Il sera peut-être alors souhaitable d'étendre le thème du Colloque au massif de la Chartreuse où les travaux des spéléologues font progresser de manière prodigieuse les connaissances et dont l'évolution au cours des temps géologiques mérite d'être comparée à celle du massif du Vercors.

Nous remercions enfin tous ceux qui, par leur collaboration, leur concours ou leur présence, ont permis le succès de ce premier Colloque, en souhaitant les retrouver plus nombreux encore en 1972 à Grenoble ou plutôt dans le cadre même du Massif et plus spécialement du Parc Régional du Vercors.

Grenoble le 10 avril 1970

J. SARROT-REYNAULD
Professeur de Géologie
à l'Université de Grenoble
Responsable du Service d'Hydrogéologie.

LISTE DES PARTICIPANTS

.....

- AIRAULT - C. M. A. B. R. U. in Nîmes - 30.
- ANDRE H. - Ingénieur E. D. F. - D. T. G. , 37 rue Diderot - Grenoble 38.
- ANTOINE Pierre - Maître-Assistant, géologie - Institut Dolomieu - Grenoble 38.
- APRAHAMIAN Jean - Assistant géologie - Institut Dolomieu - Grenoble 38.
- ARNAUD Claude - B. R. G. M. , 74 rue de la Fédération - Paris 15e.
- ARNAUD Hubert - Assistant géologie - Institut Dolomieu - Grenoble 38.
- AUDETAT Maurice - Président Société Suisse de Spéléologie - 163 avenue de Morges - Lausanne - Suisse.
- AUDINET - 2 rue Davoisier - E. D. F. - D. T. G. , - 37 rue Diderot.
- BADEL Marc (Dr) - Laboratoire Départemental de la Drôme - Valence 26.
- BARBIER J. L. - Spéleo Club du Vercors - La Chapelle-en-Vercors. - 38.
- BARBIER Pierre - SOGREAH - B. P. 145 - Grenoble. - 38.
- BARBIER R. - Professeur, Faculté des Sciences de Grenoble - Institut Dolomieu - Grenoble 38.
- BARFETY J. C. - B. R. G. M. - Grenoble. - 38.
- BARTALA René - D. D. A. - 3 rue Gustave Flaubert - Grenoble 38.
- BAZIN François - SOGREAH - B. P. 145 - Grenoble. - 38.
- BELLIER Edmond - Spéleo Club du Vercors - La Chapelle-en-Vercors (Isère).
- BELLION - Laboratoire de géologie dynamique - Nice.
- BENNES Robert - G. G. E. , 17 avenue Jean Jaurès - Seyssinet - 38.
- BEVAUD - Burgeap. - Paris.
- BILLARD Robert - S. C. A. J. - Grenoble. 16 rue Maurice Doderot. - 38.
- BILLON - 12 place Jules Ferry - Lyon 6e. - 69.
- BOCQUET Jacqueline - C. N. R. S. - Institut Dolomieu - Grenoble. - 38.
- BOMBARD J. P. - Stagiaire D. D. A. , 3 rue Gustave Flaubert - Grenoble. - 38.
- BONNEFON M. - Agence d'Urbanisme de l'agglomération grenobloise - Hôtel de Ville de Grenoble. - 38.
- BRIONES - 6 rue R. Bank - E. D. F. - G. R. P. H. - Grenoble - 38.
- BRISSAUD Marc - 1 Boulevard Clémenceau - Grenoble 38.
- BROCHIER Jacques - Groupe spéleo Valentinois, 7 rue Nuges et Romans - 26.
- BROQUET Charles - Ponts et Chaussées - Villard-de-Lans.
- BURGER André - Centre d'Hydrogéologie Université de Neuchâtel - 11 rue E. Argand Neuchâtel - Suisse.
- BUSSE J. F. - Agence Rhône-Méditerranée-Corse - 31 rue Jules Guesde - Pierre Bénite - 69.
- CADOUX - 79 Grande Rue - La Tronche. - 38.
- CAMOIN F. - 16 cours de la Libération - Grenoble 38.
- CAMPORATA Paul - Géologue - Ponts et Chaussées - Grenoble 38.
- CANNILLO Gilbert - AC Seyssinet - 4 rue des Castors - Seyssinet 38.
- CARIDROIT Yves - Géologue - Ponts et Chaussées - 43 rue Philippe Goy - Bron 69.
- CASTANY Gilbert - B. R. G. M. , 74 rue de la Fédération - Paris 15e.
- CHARBONNEL - 82 Boulevard des Etats-Unis - Lyon 8e. - 69.

CHARBONNIER - Burgeap, 21 rue Ernest Fabrègue - Lyon 9e.
CHAZALET M. - Clan des Tritons, 2 place Saint-Nizier - Lyon 2e.
CHEYLAN Gilbert - CNABRL, 685 route d'Arles - Nîmes - 30.
CHIROSSEL J.X. - F.F.S., Chemin des Emetteurs - Montélimar - 26
CHOPPY Jacques, 110 Boulevard Emile Zola - Laxou - 54.
CHOUTEAU F. (Mme) - Laboratoire analyse des eaux de la Faculté de Médecine de Grenoble. - 38,
CLEMENT Gérard, C.G.G., 39 promenade du Grand Large - Marseille 8e - 13.
CŒUR-BIZOT - SOGREAH, - Grenoble - 38.
COLLIN J.J. - B.R.G.M., 20 route de Strasbourg - Lyon 4e. - 69.
COLLIGNON Maurice (Général) - Chemin Monair - Moirans - Isère. - 38.
COPPENOLLE J.C. - Cité Universitaire - 45 quai G. Kurth - Liège - Belgique.
CORBEL - Laboratoire C.N.R.S. Lyon - 69.
CORDIER Georges - Ingénieur Service des Eaux - Ville de Grenoble.

DABRILLAT, THIRIET, GLAUDAT - Spéléo Club de La Tronche.
DAGNAUX - C.P.G.F. - Grenoble. - 38.
DEBELMAS J. - Professeur géologie - Faculté des Sciences - Institut Dolomieu - Grenoble - 38.
DELLERY Bernard - B.R.G.M. - 16 Boulevard Pébre - Marseille 8e. - 13,
DEPREZ - Spéléo Club - Valence.
DESMOULINS M. - H.B.D. - Le Villaret par La Mure (Isère).
DOUCET Jacques - Groupe Spéléo des Amis de la Nature - 1 Boulevard Joseph Vallier - Grenoble. - 38,
DROGUE Claude - Service Hydrogéologie - Faculté des Sciences - Place Bataillon - Montpellier - 34.
DUBEDOUT H. - Ingénieur en chef C.E.N.G. - Maire de Grenoble. - 38,
DUBUS Jean - D.D.A. - 3 rue Gustave Flaubert - Grenoble. - 38.
DUPOUX - Pont-en-Royans (Isère).
DURAFFOUR Christian - D.D.A. - 3 rue Gustave Flaubert - Grenoble. - 38.
DUROZYOY Guy - B.R.G.M. - 16 Boulevard Pébre - Marseille 8e. - 13.

EROME Marcel - 601 avenue du 8 Mai - Caluire Montessuy - 69.
ESCOFFIER M. - Ponts et Chaussées - Service du Rhône - Avignon.
EYMAS Louis - S.G.C.A.F. - 17 rue Ampère - Grenoble. - 38.

FAHY J.C. - SOGREAH - B.P. 145 - Grenoble. - 38.
FAURE C. (Mlle) - Institut de Botanique - Grenoble. - 38.
FEUVRIER J.P. - Ingénieur Eaux et Forêts - Parc du Vercors. Foyer du Progrès Agricole - Die 26.
FIORAVANTE J. - Ingénieur en chef - Service Aménagement des eaux - 40 avenue Président Herriot - Valence 26.
FLANDRIN J. - Professeur géologie - Faculté des Sciences - 86 rue Pasteur - Lyon. - 69.
FOURNEAUX J.C. - Assistant - Faculté des Sciences-Hydrogéologie - Institut Dolomieu - Grenoble 38.
FRACHET - Section Spéléo M.J.C. - Saint-Marcellin. - 38.

GARDET Emile - Etudes et Projets - Avenue de Grugliasco - Echirrolles - 38.
GARNIER Jean-Jacques - G.S.V. - 65 chemin de Ronde - Valence - 26.
GERARD J. - B.R.G.M. - 16 Boulevard Pébre - Marseille 8e. - 13.
GINET René - Professeur Faculté des Sciences Lyon - 16 quai Claude Bernard - Lyon 7e. - 69.
GLENAT - Professeur de Chimie de la Faculté des Sciences - Domaine Universitaire - Saint-Martin-d'Hères - 38.
GROSJEAN - 29 rue J. J. Rousseau - Saint-Martin-d'Hères - 38.
GUILLIOT Pierre - Ingénieur E. D. F. - D. T. C. - Rue Diderot - Grenoble. - 38.
GUIRAUD R. - Laboratoire de Géologie Dynamique - Nice.

HAUDOUR Jean - H.B.D. le Villaret de Susville par La Mure - 38.
HUBER Robert - SOGREAH - B.P. 145 - Grenoble. - 38.

- XCTEUR - Direction Départementale de l'Agriculture - Valence.
XUGAN Marcel - A.S.V. - Corrençon - 38.
YUHET Pierre - SOGREAH - B.P. 145 - Grenoble. - 38
ZBERTHIE C. - Laboratoire Souterrain C.N.R.S. - Moulis (Ariège) 09.
- ARIBIAN Paul - Spéléo Amis de la Nature - 12 rue de la Poste. Grenoble. - 38,
BSSLING Daniel - Musée d'Histoire Naturelle de Genève. Matignon Villereuse 1211 Genève 6.
- ABADENS.. - D.D.A. - Valence. - 26.
ACOSTE - E.D.F. - G.R.P.H. - 37 rue Diderot. Grenoble. - 38.
ACROIX Bernadette (Mme) - Laboratoire d'Hydrogéologie - Institut Dolomieu - Grenoble. - 38.
ACROIX J.L. - Directeur Agence Rhône-Méditerranée-Corse - 31 rue Jules Guesde - Pierre Bénite - 69.
AFARIE Paul - C.G.E. - 9 rue Cujas - Valence - 26.
AFOSSE J. - Service Aménagement des Eaux - 40 avenue Président Edouard Herriot - Valence. - 26.
ANTERNO Edouard - Musée d'Histoire Naturelle de Genève - Matignon Villereuse 1211 - Genève 6.
ARMINAT R.P. (de) - SOGREAH - B.P. 145 - Grenoble. - 38.
LAURENT Roger - Technicien C.N.R.S. - Caln des Tritons - 4 rue Bancel - Lyon 7e.
LAVIGNE Jean - C.A.F. - La Cordée - Saint-Martin-le-Vinoux - 38.
LECATRE (M. et Mlle) - Saint-Marcellin. - 38.
LEGENBRE - 3 rue Fraternité - Romans.
LEMAIRE - Montchaboud. - 38.
LEMOINE - C.P.G.F. - Dijon.
LEROY - POUTEIL - KRITER - S.C.C.A.F. - Grenoble - 38.
LETROUIN Serge - 8 rue du Docteur Eynard - Bourg-de-Péage - 26
LETOURNEUR Jean - Professeur Ecole des Mines - Saint-Etienne. - 42.
LETRONE Michel - F.F.S. - 31 rue Nungesser et Coli - Bron 69.
LIENHARDT G. - G.R.G.M. - 20 route de Strasbourg - Lyon 4e - 69.
LINGOT Bernard - Groupe Spéléo de l'INSA - Résidence D 625 - Villeurbanne - 69.
LUGIEZ J.P. - M.J.C. - La Tronche - 2 rue Pierre Sémard - Saint-Martin-le-Vinoux - 38.
LUNSKI Simon - C.P.G.F. - 137 faubourg Maché - Chambéry - 73.
- MAGNIN (Dr) - Faculté de Médecine de Grenoble - La Tronche - 38.
MAGNIN Claude - Société suisse de Spéléologie - Montely - 58. Lausanne - Suisse.
MANGIN A. - C.N.R.S. - Hydrogéologie - Laboratoire souterrain de Moulis - Ariège.
MANTOVANI Gilbert - Spéléo Club Valentinois - Grotte de Coufin - Choranche - 26.
MARBACH G. - Spéléo Club de la Seine - 17 rue Voltaire - Levallois Perret - 92.
MARCHAND Albert - Ingénieur - 22 Boulevard Edouard Rey - Grenoble - 38.
MARINOS - Compagnie C.N.A.B.R.L. - Nîmes. - 30.
MEE Pierre - Chambre d'Agriculture de la Drôme - Boulevard Vauban - Valence. - 26.
MICHEL Gérard - 2 Digue du Drac - Seyssinet. - 38.
MICHEL Max - Hydrogéologie - 2 chemin Menev - Grenoble - 38.
MICHEL Robert - Professeur géologie - Faculté des Sciences - Institut Dolomieu - Grenoble. - 38.
MONIN J.C. - 94 place Saint-Bruno - Grenoble. - 38.
MONITION Lucien - B.R.G.M. - Orléans - La Sance - 45.
MONJUVENT G. - C.N.R.S. - Institut Dolomieu - Grenoble. - 38.
MORET Léon - Doyen de la Faculté des Sciences de Grenoble - Institut Dolomieu - Grenoble - 38.
MULLER Claude - A.I.G.L.E.S. - Dauphiné Libéré - Grenoble. - 38.
- NICOD Jean - Professeur Laboratoire de Géographie - Aix - 10 Boulevard Debord - Marseille 12e.
OYHANCABAL Albert - Immeuble "Le Vercors" - Avenue Jules David - Saint-Marcellin - 38.

- PACHOUD Albert - B.R.G.M. - 16 rue Boileau - La Tronche - 38.
PALOC Henri - B.R.G.M. - Montpellier.
PARDE Maurice - Professeur Faculté des Sciences - Grenoble - 6 Boulevard Maréchal Foch - Grenoble - 38.
PAUTRE André - Géoconseil - 2 rue Mérimée - Paris 16e.
PERRIAUX Jacques - Professeur Faculté des Sciences Géologie - Institut Dolomieu - Grenoble - 38.
PETZL F. - Saint-Ismier. - 38.
PODVIN - D.D.A. 3 rue Gustave Flaubert - Grenoble - 38.
POLVECHE Jean - Professeur Faculté des Sciences de Nice - 17 avenue Sévigné - Nice 06.
PORTHAULT Bernard - Géologie Faculté des Sciences - 86 rue Pasteur - Lyon. - 69.
POTIE Louis - M. MONTEAU - Société des Eaux de Marseille. - 13.
POULAIN - B.R.G.M. - Grenoble. - 38.
PULINA - Institut de Géographie W. Universititshi 1 - Wreclaw - Pologne.
- RAGACHE - Section Spéléo M.J.C. - Saint-Marcellin. - 38.
RAMBEAUD P. - Commissaire à la rénovation rurale en montagne - 3 rue Gustave Flaubert - Grenoble - 38.
RENAULT Philippe - Laboratoire souterrain du C.N.R.S. - Moulis - Ariège.
ROSIER Alain - 14 quai J. Moulin - Lyon 2e.
ROUCH Raymond - Laboratoire souterrain du C.N.R.S. - Moulis - Ariège.
ROUSSIN Daniel - 9 chemin Montriguand - Grenoble - 38.
RUBY Pierre - Ingénieur - route de Marignane - Les Milles - 13.
RZAD M.B. - Spéléo Club Université Catholique Louvain - 26 avenue Albert Bruxelles.
- SAGNES M. - Ingénieur T.P.E. - 6e circonscription Electrique - 9 quai Créqui - Grenoble - 38.
SAMBUCY (de) - C.T.R. - Ponts et Chaussées - Bron - 69.
SARROT Jean - Service Hydrogéologie - Faculté des Sciences - Institut Dolomieu - Grenoble - 38.
SAUTY - SOGREAH. - Grenoble - 38.
SERRANO A. - Spéléo - Valence.
SERRA-TOSIO Bernard - Maître-Assistant Zoologie - Faculté des Sciences - Saint-Martin-d'Hères - 38.
SIMIAND Patrice - A.C. Seyssinet - 4 rue des Castors - Seyssinet - 38.
SZENDROI Alain - C.O.B. - 19 rue Alphonse de Nerville - Paris 17e.
- TARDIEU - Les Hauts du Vercors - 35 rue Thiers - Grenoble.
TESTE Robert - Etudes et Projets - avenue de Grugliasco - Echirrolles - 38.
THERON Robert - E.D.F. - 3 rue de Messine - Paris 8e.
THEVENIN - Liège - Dubourguier.
THIEULOY J.P. - Maître-Assistant - Faculté des Sciences - Institut Dolomieu - Grenoble - 38.
TRIPET J.P. - Centre d'Hydrogéologie de l'Université de Neuchatel - Suisse.
- VASSAS - Direction Départementale de l'Agriculture - Valence. - 26.
VERCASSON Christian - Groupe Spéléo Eclairés de France - 10 avenue F. Viallet - Grenoble. - 38.
VERONE Claude - A.C. Seyssinet - 4 rue des Castors - Seyssinet - 38.
VILLATTE Henri - SOGREAH. - Grenoble - 38.
VOLUMARD Pierre - Ingénieur en chef E.D.F. - Député de l'Isère. -

ALLOCATION DE MONSIEUR LE DOYEN LEON MORET
MEMBRE DE L'INSTITUT

MM. Chers confrères, Géologues et Spéléologues,

Laissez-moi, tout d'abord, vous dire combien je suis heureux de constater que vous avez été nombreux, tant géologues que spéléologues, à répondre à l'appel de l'organisateur de ce Colloque consacré à l'Hydrogéologie karstique du Vercors, notre collègue M. J. SARROT-REYNAULD et je vous en remercie. Cela montre qu'une telle rencontre était attendue de tous et qu'elle ne sera pas inutile. D'ailleurs, la présence parmi nous de M. LACROIX, directeur de l'Agence Rhône-Méditerranée-Corse et de M. FIORAVANTE, ingénieur en chef du Génie Rural et de l'Aménagement des Eaux, doit être également considérée par tous comme un précieux encouragement pour l'avenir.

Mais, en ouvrant cette première séance, il m'est impossible de ne pas exprimer un sincère regret, celui de constater ici une grande place vide, celle que j'ai l'impression d'avoir usurpée et qu'aurait dû occuper mon cher et très regretté ami André BOURGIN, le véritable fondateur de la Spéléologie dauphinoise et dont il est de mon devoir de rappeler aujourd'hui le souvenir et l'œuvre.

A. BOURGIN était ingénieur général des Ponts et Chaussées. A sa sortie de Polytechnique, puis à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, il fut nommé dans la région alpine où se déroulera toute sa carrière, d'abord à Gap, puis enfin à Grenoble dès 1933, dans le Service des Grandes Forces Hydrauliques, qu'il dirigera à partir de 1947. C'est là que va s'établir sa réputation de spécialiste des aménagements hydroélectriques. Sa compétence et son dévouement, vite reconnus, le font en effet appeler à la création de l'Ecole des Ingénieurs hydrauliciens de l'Institut Polytechnique de Grenoble où son enseignement sur la technique et le calcul des divers ouvrages d'une construction de barrage fait autorité. Hélas ! il n'a pu achever son œuvre car un brutal accident de ski, survenu en mars dernier, l'a enlevé à notre affection. Nous n'oublierons jamais cet homme de haute culture et dont les qualités humaines étaient vraiment exceptionnelles.

Vous savez que l'amour de son métier se doublait de celui de la nature et surtout de la montagne et que, s'il était devenu un grand alpiniste, il ne tarda pas à se prendre de passion pour ce qui se passait dans la profondeur de nos massifs calcaires et l'on peut bien dire qu'il fut spécialement séduit par le Vercors et que la connaissance de ce monde profond lui doit beaucoup car, l'exploration méthodique de ce vaste domaine, il la fit surtout d'un point de vue scientifique.

Il faut dire aussi que ce massif se prêtait merveilleusement à de telles recherches. Immense carapace calcaire de près de mille kilomètres carrés et où domine l'Urgonien, que vous avez tous pratiqué, et que de hautes falaises de cette belle roche limitent sur tout son pourtour, le Vercors, moins plissé que son voisin la Chartreuse, se présente surtout en un style de grandes cuvettes ou plateaux synclinaux en partie délimités par de profondes gorges d'érosion mécanique (Bourne, Vernaison) et dont la surface est à nu, sèche et sculptée en lapiaz ou plantée de forêts (Forêt de Lente et Forêt Domaniale). Disons dès maintenant que le Vercors est un magnifique karst.

Or, la structure géologique du Vercors est bien connue et l'on peut même dire que c'est au grand géologue Charles LORY que nous en devons la première et déjà très correcte description, cela dès 1854. Par la suite, des retouches y ont été effectuées dans la bordure nord orientale du massif, surtout par J. BRETON (1915), P. CORBIN et W. KILLIAN (1921), en ce qui concerne le pli urgonien chevauchant vers l'Ouest du Moucherotte, accompagné de son substratum de falaises jurassiques, naguère interprétées comme faillées et poussées en sens inverse.

De plus, l'inventaire des failles, dont la plupart étaient déjà connues de Ch. LORY, s'est beaucoup amélioré et

l'on peut maintenant dire que le Vercors est accidenté d'un important réseau de fractures de directions orthogonales, grosso modo Nord-Sud et Est-Ouest. Enfin, l'ensemble du Vercors urgonien s'infléchit vers le Nord, donc vers la cluse de l'Isère ainsi qu'en direction de l'Ouest, tandis que la série stratigraphique s'enrichit du même coup de Crétacé moyen et supérieur, ce dernier calcaire, et même de molasse, surtout dans les bassins synclinaux d'Autrans et du Villard-de-Lans.

Comme vous le savez, l'Urgonien est un calcaire pur, dur et imperméable mais il est aussi soluble et l'érosion superficielle s'y exerce par corrosion chimique des eaux météoriques acides, origine des lapiaz ou karst. Enfin le travail des derniers plissements y ont aussi laissé leur trace sous forme de failles et de diaclases dont je viens de parler et, comme l'Urgonien n'est pas perméable, c'est grâce à cette séquelle de la tectonique alpine que va être facilitée la pénétration des eaux de surface qui vont attaquer le calcaire en y déterminant les innombrables puits, pots ou scialets, visibles au sol, ainsi que l'inextricable labyrinthe des abîmes de la profondeur, objet de vos explorations et domaine d'une incomparable splendeur lorsque les fantaisies de la calcite de précipitation y ajoutent leur blanc et cristallin décor.

Tous ces phénomènes vont donc jouer un rôle dans l'orientation de l'hydrologie tant superficielle que profonde de la région dont les manifestations vont, bien entendu, s'exercer surtout au niveau de l'Urgonien qui en est l'ossature essentielle, et ceux d'entre nos géologues qui se sont déjà préoccupés de ces problèmes, s'en sont bien rendus compte.

Mais, si le karst du Vercors se montre peu altéré en surface et, malgré les innombrables perforations qui le nûnent en profondeur, demeure stable, en revanche l'érosion superficielle s'exerce surtout le long des falaises de bordure qui s'écroulent progressivement en couvrant d'éboulis le talus marneux du Néocomien, au niveau duquel peuvent jaillir quelques sources vauclusiennes, les plus basses que l'on constate sur les flancs du massif.

La nature imperméable de ce plan met évidemment un terme à la descente des eaux urgoniennes et s'oppose aux infiltrations latérales ce qui, en pays karstique rend également impossible l'existence d'un niveau de base continu. Et c'est, bien sûr, le cas pour le Vercors.

Si, comme je l'ai dit, la géologie du Vercors peut être considérée comme au point, en revanche, les entrailles du massif recèlent encore bien des mystères, tant sur la topographie de ces accidents que sur les rapports existant entre les divers types de circulation de l'eau et l'origine de son retour à l'air libre par les résurgences, propre domaine de l'hydrogéologie karstique.

Mais, ne vous plaignez pas, heureux spéléologues qui opérez dans ce Vercors perforé comme une écumoire et auxquels il reste tant de problèmes à résoudre et, si vous êtes en grand nombre aujourd'hui avec nous dans cet Institut Dolomieu qui nous reçoit, c'est, je pense (et j'en prends à témoin la liste des inscriptions et des communications annoncées), pour nous dévoiler au cours de nos séances vos dernières découvertes souterraines. Il est certain que les problèmes qui peuvent intéresser géologues et ingénieurs, ceux qui sont en somme le but de ce colloque, auront sans nul doute à bénéficier de vos pénibles et parfois dangereuses explorations.

Mais, n'oublions pas que l'étude du Vercors souterrain a déjà un certain passé puisque le célèbre MARTEL, le créateur et l'animateur de la spéléologie, s'en est occupé dès 1880 et que bien des problèmes avaient déjà été posés par lui, sinon tous résolus, dans ses ouvrages classiques : La France ignorée ou son Traité des eaux souterraines.

Par la suite et à partir de 1895, un jeune comptable de Pont-en-Royans, Oscar DECOMBAZ, dont le nom doit être retenu, attiré par les arcanes des gouffres et des grottes qui abondent dans la vallée de la Bourne, surtout au droit de Choranche, réussit à embrigader un certain nombre de ses amis pour tenter leur exploration et cela avec un matériel des plus sommaires, sans commune mesure avec le vôtre. Les résultats auxquels ils arrivèrent au bout de quelques années et publiés par DECOMBAZ dans les Mémoires de la Société de Spéléologie, prouvent qu'ils avaient parfaitement compris l'essentiel de l'hydrologie profonde du Vercors et très correctement posé nombre de problèmes au sujet desquels, comme l'écrit BOURGIN, "abondent les vues prophétiques".

Ce très beau départ de la spéléologie faillit rester sans suite et il faut attendre jusqu'en 1925 pour qu'elle subisse un renouveau et cela par l'action soutenue et passionnée du grand pyrénéen Norbert CASTERET, dont vous connaissez tous les livres, Au fond des gouffres, Mes cavernes, qui ont dû convertir bien des jeunes. Cette fois et certainement sous son influence, car il fit dans les Pyrénées des découvertes sensationnelles, la presse et de nombreuses revues commencent à s'intéresser à ce genre d'explorations si spéciales et s'efforcent d'en signaler le déroulement, les résultats

ainsi que les avatars, à leurs lecteurs. Du coup, à son exemple et un peu partout, vont se former des groupes spéléologiques. Si CASTERET avait surtout opéré dans les Pyrénées et en Afrique du Nord, je ne sache pas qu'il soit jamais venu chez nous, du moins en Vercors.

Mais, heureusement, nous avons eu notre CASTERET en Dauphiné en la personne de André BOURGIN. J'ai déjà signalé qu'il était arrivé à Grenoble en 1933 et que, ce grand ingénieur et professeur d'hydraulique, alpiniste consommé doué d'un tempérament de chercheur, ne tarda pas, lui aussi, à se passionner pour la spéléologie de nos grands massifs calcaires, Dévoluy, Chartreuse, et surtout Vercors.

Un dimanche sur deux est consacré soit à l'ascension d'un sommet d'une région, qui en est bien pourvue, soit à l'étude des entrailles de l'un de ces massifs subalpins, et, lorsque l'on a la chance de le rencontrer la veille de ces expéditions pour s'informer de ses projets, il l'accompagne sa réponse (car il n'était pas très bavard) d'un signe de sa main droite dont le pouce est dirigé soit vers le ciel, soit au contraire vers le sol.

Avec lui, car il est un entraîneur irrésistible, nombre de jeunes sont séduits et il sera même bientôt obligé de créer un groupe spéléologique local rattaché au Club Alpin et dont les explorations, toujours minutieusement préparées tant du point de vue technique que sécurité, se sont, sous sa direction, attaquées de préférence à la plupart des grottes de la cluse de la Bourne et du plateau de Prelles. La spéléologie scientifique, soit l'étude comparative de l'hydrogéologie souterraine prenait ainsi son essor et la plupart des problèmes posés par ses prédécesseurs ou par ses découvertes personnelles, vont trouver avec lui leur solution. S'il a publié deux ouvrages de vulgarisation magnifiquement illustrés de ses photographies : Le Dauphiné souterrain en 1942 et Rivières de la nuit en 1950, ses notes plus techniques paraissent périodiquement dans la Revue de Géographie alpine qu'accueillaient avec enthousiasme Raoul BLANCHARD.

C'est ainsi que l'on doit surtout citer son article sur la Bourne et ses affluents publié en 1941 ainsi que celui sur la Luire et la Vernaison souterraine de 1946 et dans lesquels il démontre que le groupe Source d'Arbois-Rivière du Bournillon (cette dernière qui (à l'été) n'était que la résurgence de la Vernaison souterraine. Celle-ci d'ailleurs, bien plus importante que celle de la surface, qui disparaît çà et là pour se perdre vers la profondeur.

On peut admettre que la Bourne capte le débit de la Vernaison à 45 %, débit que lui apportent les belles résurgences, les Goules, qui jaillissent au long de sa cluse, sur la rive gauche.

Cette circulation si curieuse des eaux en pays calcaires montre évidemment que, du point de vue hydrologique, il devient illusoire de comparer des cours d'eau et d'en évaluer le débit probable uniquement en se fondant sur l'étendue de leurs bassins versants et c'est pourquoi l'ingénieur chargé des projets d'aménagements hydroélectriques devra souvent abandonner ses documents topographiques pour consulter les cartes géologiques. Et c'est précisément le cas de la Bourne-Vernaison étudié par BOURGIN, rivières qui se réunissent vers Pont-en-Royans et dont les bassins versants urgoniens ont une étendue sensiblement égales (285 km² pour la Bourne, 289 pour la Vernaison) et cependant leurs débits sont comme 10 (Bourne) et à 1 (Vernaison).

On voit donc bien que, grâce à A. BOURGIN, la spéléologie d'antan prenait une orientation nouvelle et qui va être dorénavant suivie par tous ceux qu'il a formés ou qui vont l'imiter. Parmi ceux-ci, un nom vient immédiatement à l'esprit; celui du photographe Jo BERGER qui fonda en 1946 le Spéléoclub grenoblois et donna son nom au gouffre vertigineux qu'il découvrit sur le plateau de Sornin et explora sur 1122 mètres de profondeur, ce qui permit d'éclaircir le secret de l'origine du "germe" des fameuses Cuves de Sasenaga qui a longtemps exercé la sagacité des chercheurs : une expérience de coloration à la fluorescéine, partie des profondeurs de ce gouffre est en effet parvenue, après un extraordinaire parcours souterrain, à colorer cette belle résurgence.

Dès lors, le renom si bien établi de ce magnifique Vercors, paradis des spéléologues et futur parc régional naturel, ne cesse de s'accroître et d'attirer d'un peu partout des équipes de spécialistes avides de découvertes et des centaines de jeunes gens viennent chaque année, pendant la belle saison, essayer de ravir aux spéléologues dauphinois ce remarquable record du monde, risquant ainsi de faire dévier dans une direction uniquement sportive, l'évolution de la spéléologie française, ce qui serait regrettable.

Et à ce sujet, je voudrais exprimer un espoir : puisque la spéléologie est devenue scientifique à Grenoble, pourquoi ne pas l'enrichir en adjoignant à l'étude de l'hydrogéologie souterraine, celle de la thermique des gouffres déjà esquissée par BOURGIN et aussi en tentant de former une section de biospéléologie qui s'occuperait spécialement des organismes cavernicoles. Songez que du laboratoire souterrain de Moulis, dans les Pyrénées, que dirige mon confrère le professeur

VANDEL, sont sortis de remarquables travaux et que, dans cette importante spécialité, beaucoup de découvertes restent encore à faire.

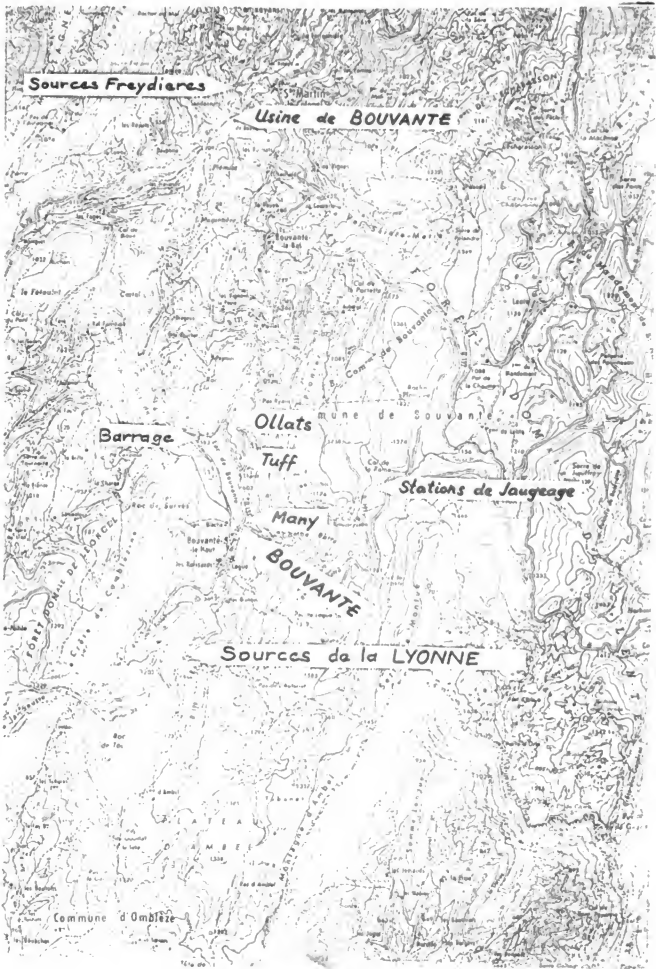
Teils sont donc les souhaits que je formule en terminant ce trop long discours qui prélude aux communications que vous allez présenter au cours de ce colloque, lequel ne manquera pas de provoquer des contacts fructueux entre géologues et spéléologues qui leur permettront de se mieux connaître et de préparer ainsi pour l'avenir une plus efficace collaboration.

LES FUITES DU LAC DE BOUVANTE

H. ANDRE, M. AUDINET et M. ROY
Ingénieurs à Electricité de France.

SOMMAIRE

- I - Description des lieux - Géographie. Géologie.
- II - Historique sommaire - Construction du barrage, contrôle et localisation des fuites, travaux effectués et méthodes d'exploitation du lac.
- III - Recherche des fuites - Localisation des zones de fuites dans la réserve, résurgences des Freydières et recherches spéléologiques.
- IV - Contrôle de l'évolution des débits de fuite.
- V - Travaux effectués et méthode d'exploitation.
 - Conclusion.
- VI - Bibliographie.



I - DESCRIPTION DES LIEUX

Le lac artificiel de Bouvante se situe en bordure ouest du massif du Vercors à 46 km au Sud Ouest de Grenoble, à 29 km à l'Est de Valence et à 10 km au Sud Ouest de Saint-Jean-en-Royans (voir cartes 1 et 2).

Il est alimenté par la Lyonne et ses affluents le Many, le Tuff et les Ollats. Le bassin versant apparent tel qu'on peut le tracer sur une carte est voisin de 33 km².

La superficie du lac à la cote maximale d'exploitation admise en 1968 (573,90 NGF) est de 20 ha alors qu'elle est de 33 ha à la cote de la crête du barrage (583 NGF).

Les volumes correspondants depuis la cote 553,70 NGF du pied du barrage sont de 1,35 million de m³ à la cote 573,90 NGF et de 3,8 millions de m³ à la cote 583 NGF.

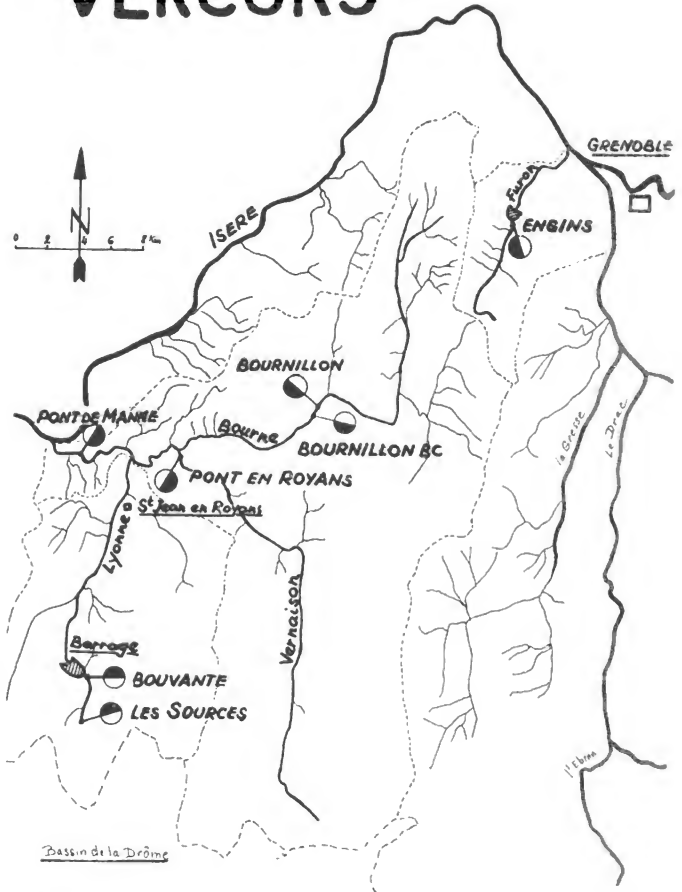
Les précipitations moyennes annuelles dans cette région sont voisines de 1200 mm.

Le barrage est situé dans une zone de calcaires urgoniens disloqués mais la cuvette est recouverte dans sa plus grande partie de marnes hauteriviennes imperméables, sauf dans la zone située à l'amont immédiat du barrage où les mouvements tectoniques ont broyé ces marno-calcaires. Pour une connaissance plus précise de la géologie on se reportera aux études de Monsieur le Professeur BARBIER (rapports de 1960 et 1963) et à la thèse de Monsieur LE PAGE (1963).

II - HISTORIQUE SUCCINCT

- En 1918 Monsieur SAYN, dans son rapport géologique établi en vue des futurs travaux du barrage de Bouvante, concluait à l'étanchéité de la cuvette sauf dans la zone immédiatement à l'amont du barrage.
- En 1924 Rapport géologique de Monsieur KILIAN.
- En 1925 Mise en service du barrage.
- Dès 1926 Constatation de fuites importantes 1100 l/s.
- En 1927 Vidange du lac - Creusement du puits RG et d'une galerie RD qui permirent de découvrir des marno-calcaires très fissurés.
- En 1928 Creusement du puits RD jusqu'à 45 m (sourciers).
- En 1929 Creusement du puits RD de 45 m à 70 m (Abbé MERMET).
- En 1930 Percement d'une galerie vers le lac à partir du puits RD, découverte d'une caverne et de concrétions calcaires. Après ces travaux les fuites passèrent à 1800 l/s à la remise en eau de la retenue.
- En 1931 Monsieur HOTZ, géologue, conseilla des forages et des injections, les fuites furent réduites à 800 l/s. Les résultats furent incomplets car trop localisés.
- En 1934 Exécution d'un mur en RG.
- En 1937 Revêtement d'ensemble sur la partie RG.

VERCORS



- En 1949 Exécution d'un revêtement léger gunité sur le fond avec raccordement aux rives.
- Vers 1955 Essais de coloration - Résurgences aux Freydières
- En 1958 Exécution d'une dalle de béton armé en RD.
Essai de localisation des fuites avec utilisation de confettis.
Reconnaissance dans le fond du lac par des hommes grenouilles.
- En 1959 Poinçonnement localisé et effondrement partiel du tapis gunité
Sondages ESMO dans la partie aval de la retenue.
- En 1960 Rapport géologique de Monsieur le Professeur BARBIER,
Sondages Solétanche dans la partie amont de la retenue en vue de l'étude d'implantation d'un nouveau barrage.
- En 1961 Etude du réaménagement de la chute avec limitation de la réserve.
- En 1964 Réparation du tapis gunité entre RD et RG.
- En 1965 Automatisation de l'usine et exploitation sur programme à niveau peu variable et inférieur à 567 en temps normal et 573.90 en période de crue

III - RECHERCHE DES FUITES

Les premières recherches des zones de fuites dans la retenue ont été constituées essentiellement par des reconnaissances faites à l'aide de puits et de galettes forés dans le rocher en amont du barrage. Des sourciers, puis l'Abbé MERMET, espéraient trouver un collecteur unique souterrain. Mais le puits creusé en RD jusqu'à 45 m, puis approfondi jusqu'à 70 m ne permit que d'atteindre le rocher sain et sec. Il semble que les tirs de mine aient contribué à la dislocation du rocher et à l'accroissement des fuites, partiellement et provisoirement compensées par des injections et des travaux.

La localisation des résurgences a été faite par coloration à la fluorescéine des eaux de la Lyonne en amont du barrage, coloration qui est réappatue aux Sources de Freydières, situées en rive droite de la Lyonne un peu à l'aval de l'usine de Bouvante (carte 2).

Des recherches spéléologiques ont été tentées à partir d'une grotte située en RD de la Lyonne près de l'usine de Bouvante pour atteindre le réseau souterrain des Sources de Freydières, mais après quelques centaines de mètres de parcours l'équipe a dû rebrousser chemin sans avoir atteint son but.

A partir de 1958 des essais "non destructifs" de recherches des exutoires de fuite et d'explication des phénomènes ont été entrepris.

En particulier 100 kilos de confettis de 5 couleurs différentes ont été lancés à partir de l'hélicoptère de l'E. D. F. Alouette II sur le lac le 15 janvier 1958. L'appareil volait à une vitesse de 50 km/heure environ à 60 mètres au-dessus du lac.

L'opérateur vidait des sacs de confettis à la main dans une tuyère adaptée à la trappe de photographies aériennes et dépassant de 60 cm en dessous de l'hélicoptère.

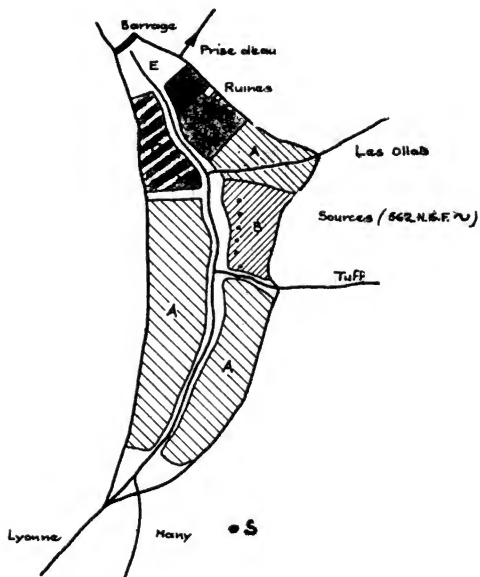
La partie inférieure de cette tuyère était inclinée vers l'aval pour faciliter l'aspiration des confettis et éviter un refoulement dans la cabine.

La surface du lac à ensemercer au moment du lâcher était de l'ordre de 75 000 m². La quantité de confettis utilisée permettait un ensemençement à raison de 1 confetti tous les 10 centimètres environ

LAC DE BOUVANTE

Essais de localisation des pertes

Le 15 - 1 - 58



- E. D. F. - DIVISION TECHNIQUE GÉNÉRALE -

La durée totale de l'opération a été de l'ordre de 30 minutes ; l'hélicoptère ne pouvait transporter que le pilote, un opérateur et 50 kilos de confettis, a fait un atterrissage en queue de la retenue pour charger le deuxième lot de 40 kilos.

OBSERVATIONS (schéma 3)

Certains confettis sont descendus immédiatement dans l'eau à la vitesse de 1 cm en quelques secondes. La plus grande partie est restée en surface pendant une demi-heure environ ; parmi ces derniers, certains ont été poussés sur la berge sud ouest par le vent, les autres ont coulé lentement suivant les lignes de courant dans le lac. Après dépôt sur la vase, les confettis ne se déplaçaient plus. Un survol du lac une demi-heure après la fin du lâcher a permis de constater cinq traînées de confettis qui semblaient matérialiser des trajectoires de filets liquides.

Le lac fut vidé pendant les 5 jours suivant cet essai par les débits turbinés (4 à 5 m³/s) et par les fuites (3 à 400 l/s).

L'examen de la cuvette de Bouvante pendant et après cette vidange a permis d'observer :

- 1 - Une répartition uniforme de confettis sur la plus grande partie de la retenue à raison de un tous les 10 centimètres environ. Cette zone doit être saine (A).
- 2 - Des groupements de confettis dans des cratères de formes et de dimensions variables. Certains de ces entonnoirs étaient secs. Des autres sortaient des sources qui, d'après les habitants de Bouvante, existaient avant la création du barrage. Les parois de l'un de ces derniers cratères étaient tapissées de près de un millier de confettis. Un essai fait lors de cette inspection a permis de montrer que les confettis ne pouvaient pas descendre dans le cratère et étaient emportés vers l'aval lorsque la source débitait. Ces cônes devaient donc être des exutoires de fuites au moment du lâcher (zone B).
- 3 - Des concentrations de confettis à 3 niveaux dans la zone la plus douteuse (C et D).
- 4 - Une bande très garnie de confettis bleus et verts sur la vase au pied du barrage. Cette bande a attiré l'attention et a permis de trouver sous la vase des fissures de 0,10 m de largeur et de plusieurs mètres de longueur dans le gunitage fait quelques années auparavant. Dans cette fissure des feuilles mortes... du fil de pêche, ont montré qu'un écoulement important avait eu lieu, ce qui est confirmé par le fait que des confettis aient pu franchir la zone de la prise d'eau alors en service (zone E).

CRITIQUES DE L'ESSAI

Si une opération analogue devait avoir lieu, il y aurait lieu de veiller aux points suivants :

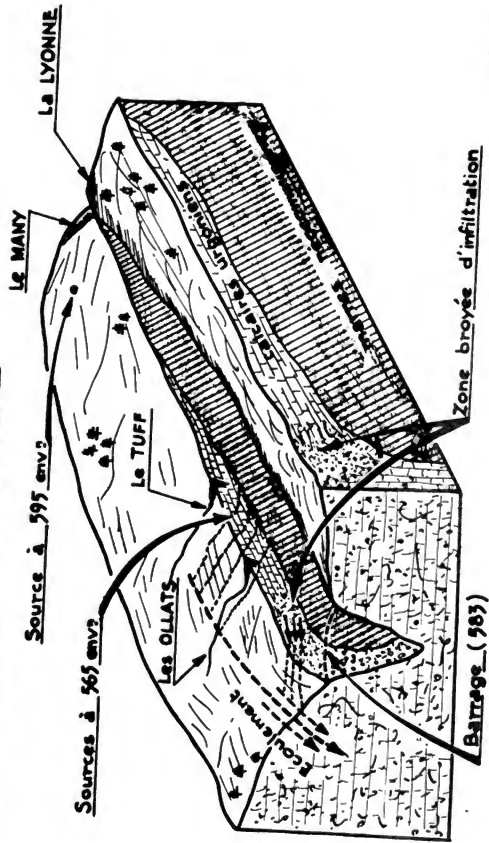
- a) employer des confettis de couleur claire telle que le jaune,
- b) brasser les confettis dans les sacs qui ne doivent pas être tassés pour éviter des lâchers de paquets agglomérés,
- c) opérer, si possible, un jour sans vent,
- d) voler à plus de 60 mètres de hauteur à faible vitesse,
- e) ne pas turbiner pendant le lâcher. Attendre au moins une heure après la fin de l'opération avant de remettre l'usine en marche.

En mars et avril 1958 trois hommes grenouilles ont travaillé dans le fond du lac pour observer les zones particulières mises en évidence par l'opération "confettis". L'exploration était très difficile en raison du manque de visibilité, compensée très localement par l'utilisation de lampes torches étanches. Après quelques tentatives infructueuses les hommes grenouilles ont pu obtenir des résultats positifs en prospectant les zones douteuses à l'aide de petits jets de fluorescence projetés à l'aide d'une poire en caoutchouc.

LAC DE BOUVANTE

Essai d'interprétation géologique

DALS
1
16.10.58



Ces essais confirmèrent la plupart des zones de fuite près du barrage et mirent en évidence, surtout dans la partie des berges situées en rive droite entre le Tuff et les Ollats, des sources débitant dans le fond de la retenue en charge.

Ces constatations ont été faites après une période très pluvieuse au cours de laquelle on a pu voir débiter en particulier une source intermittente située à l'aval immédiat du Many à quelques dizaines de mètres en dessus de la route.

On peut déduire de tous ces essais que les exutoires douteux peuvent être des zones de fuites ou des zones d'apport suivant l'état de la nappe, bien que ce mot de nappe ne soit peut-être pas le plus adéquat pour définir des écoulements dans les calcaires. Cette explication est concrétisée sur l'essai "d'interprétation géologique" figurant sur le schéma 4 et sur la planche V extraite du rapport de thèse de Monsieur LE PAGE.

Les mesures faites depuis 1962 dans les quelques piézomètres implantés dans la zone des fuites, sur le conseil de Monsieur le Professeur BARBIER, confirment assez bien ces hypothèses. Certains de ces piézomètres ont un niveau supérieur à celui du lac en période de pluies, un niveau très inférieur en étiage.

On verra qu'il est malheureusement très difficile de mesurer avec la même précision les fuites en périodes d'étiages et en périodes de hautes eaux, ce qui rend impossible la confirmation de ces hypothèses par des mesures directes des débits de fuite.

IV - CONTROLE DES FUITES

IV - 1 - Contrôle permanent

Un contrôle est effectué à l'usine de Bouvante à partir des mesures des débits turbinés, déversés, stockés et des relevés aux stations de jaugeage de Bouvante sur la Lyonne, du Many, du Tuff et des Ollats. Ce contrôle permet une surveillance de l'évolution des fuites. On constate que certains bilans mensuels sont négatifs, c'est-à-dire qu'il a été utilisé plus d'eau qu'il n'en a été mesuré aux stations de jaugeage. Ces bilans négatifs correspondent en général à des mois de forte hydraulicité.

IV - 2 - Contrôles périodiques

Des contrôles portant sur un bilan d'une demi-journée sont faits deux ou trois fois par an depuis 1960. Ils consistent, l'usine étant à l'arrêt, à faire le bilan des apports et des sorties visibles et de comparer le résultat au volume stocké (ou desstocké) pendant le temps considéré. Ces contrôles sont faits pendant une période de débits stables, c'est-à-dire après quatre jours sans précipitations. Les débits entrants (Lyonne, Many, Tuff et Ollats) et les débits sortants (fuites vaines de fond) visibles sont mesurés par des jaugeages. Le volume stocké (ou desstocké) est déterminé à partir des cotes du plan d'eau de la retenue au début et à la fin du bilan et du barème de capacité de Bouvante.

Ce barème a été établi à partir du planimétrage d'un plan de la cuvette au 1/1 000. Les valeurs des volumes de la réserve ont été obtenues en intégrant l'équation de la courbe représentative de la surface de la réserve en fonction de la cote ; cette fonction étant au préalable ajustée suivant une loi parabolique. Les calculs ont été effectués sur calculatrice C. A. E. 510.

Les fuites apparentes sont définies comme étant égales à :
apports visibles - sorties visibles - variation algébrique de la réserve.

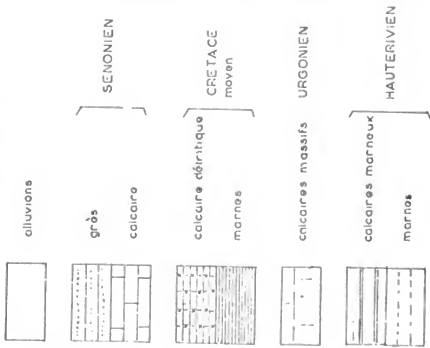
Ce mode de calcul attire deux remarques :

- les fuites réelles sont sous-estimées car on ne tient pas compte des apports non visibles ;
- les résultats obtenus par différence peuvent être imprécis lorsque les deux termes de cette différence sont importants ;

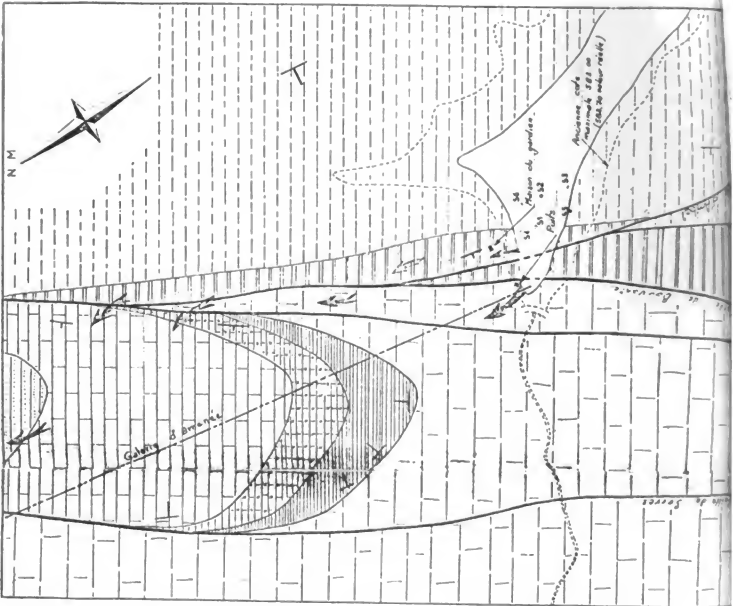
Exemple : bilan du 8 mai 1963

Apports visibles	$2,085 \text{ m}^3 \text{ s}$
Variation de la réserve	$- 2,180 \text{ m}^3 \text{ s}$
Fuites apparentes	$0,305 \text{ m}^3 \text{ s}$

**TRAJET PROBABLE DES EAUX
ET STRUCTURE GEOLOGIQUE
des ABORDS du BARRAGE
à la COTE 550**



trajet probable des fuites
pendage (Cf. légende de la planche VII)
trajet de la galerie d'aménée



En admettant une incertitude de $\pm 2\%$ sur les mesures, soit environ 50 l/s sur chaque terme, on peut obtenir dans le cas le plus défavorable où les deux erreurs s'ajoutent le résultat avec une incertitude voisine de $\pm 20\%$.

Les résultats des bilans de fuites sont portés sur un graphique en fonction de la cote du lac (fig. 6). Ils ne peuvent être comparés entre eux que pour un même mode d'exploitation de la réserve.

De 1960 à 1965 les résultats font apparaître une certaine relation avec le niveau du lac, la dispersion représentant pour une cote donnée, d'une part la variation des fuites avec le niveau de la nappe et d'autre part les erreurs de mesure.

Depuis la mise en service de l'asservissement en éclusées les résultats des bilans semblent plus dispersés. Ceci parce que les mesures sont faites à des cotes basses, les fuites sont alors plus faibles quels que soient les apports, donc l'imprécision plus grande quand les apports sont élevés. Pour les mêmes apports et une cote plus élevée, les fuites auraient été plus importantes, donc la précision meilleure. Néanmoins, on constate une évolution favorable des fuites dans le temps.

Des mesures sont effectuées depuis 1962 dans quatre sondages utilisés comme piézomètres (2 en rive gauche et 2 en rive droite) pour contrôler le niveau de la nappe autour du lac au moment du bilan (fig. 7).

On remarque que les niveaux dans les piézomètres suivent le niveau du lac. Entre le début et la fin d'un bilan, la variation de niveau dans les piézomètres est sensiblement égale à la variation du niveau du lac.

En rive gauche les piézomètres indiquent des niveaux généralement inférieurs à ceux de la retenue. Ces deux points de mesures semblent montrer l'existence d'une nappe aquifère qui s'affaisse au large de la retenue et vers l'aval.

En rive droite, pendant une période stable des débits, les piézomètres semblent indiquer un comportement identique de la nappe avec cependant un écart plus important par rapport à la retenue. Par contre, après de fortes précipitations, la nappe peut monter à un niveau bien supérieur à celui du lac (fig. 7).

Les résultats de ces mesures, associés aux bilans des fuites, sont encore trop peu nombreux et portent sur des valeurs trop faibles pour que l'on puisse déterminer une relation entre le débit des fuites apparentes et la différence entre le plan d'eau du lac et celui des piézomètres.

V - TRAVAUX EFFECTUES ET METHODES D'EXPLOITATION

A l'origine, en 1925, la Société des Forces Motrices du Vercors avait équipé la chute de Bouvante sur la Lyonne entre les cotes 583 et 302, en usine de pointe d'une puissance de 15 MVA pour un débit équipé de $5,25 \text{ m}^3/\text{s}$. Lors de la rénovation partielle de 1964-1965, diverses considérations techniques et économiques ont conduit à ramener ces valeurs respectivement à 10 MVA et à $4 \text{ m}^3/\text{s}$, avec un gain de productibilité annuelle de l'ordre de 70 %.

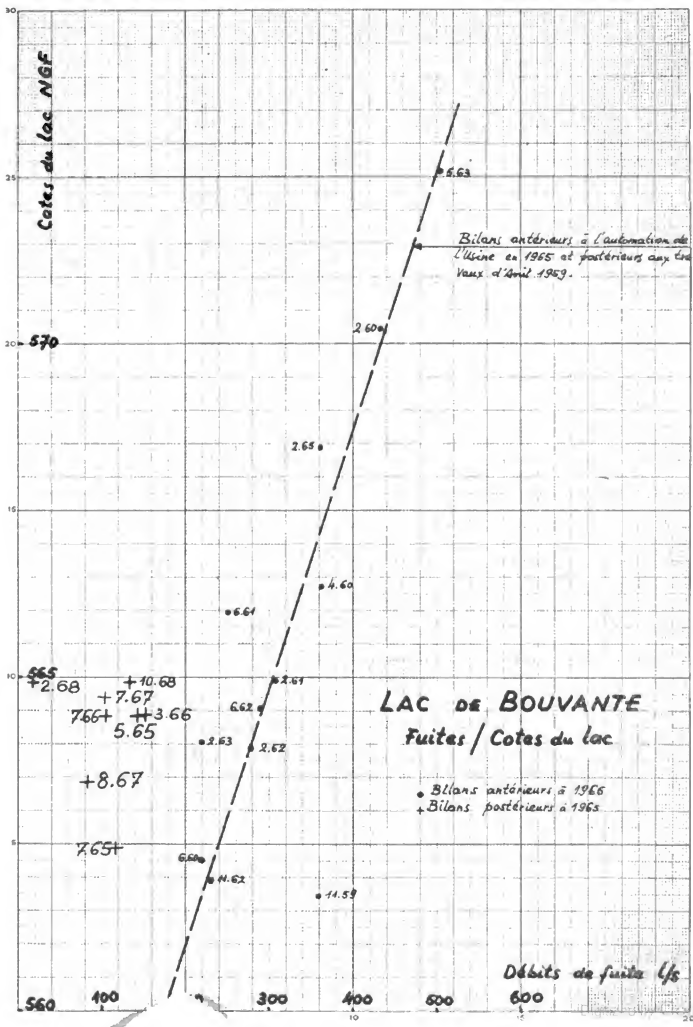
A partir de 1927 ont été entrepris des travaux de creusement et de bétonnage d'un puits rive gauche et d'une galerie inclinée rive droite, avec rejointoiement du rocher en rive gauche sans résultat appréciable.

Ensuite, en 1928-1929, le puits rive droite a été creusé jusqu'à 45 m, puis 70 m de profondeur, pour tenter de localiser un collecteur souterrain des fuites de la retenue.

Malgré les résultats négatifs obtenus, une galerie vers le lac fut percée à la cote 540 en 1930 et une excavation de 10 m en rive gauche laissée telle quelle (fig. 8).

On observa, après cette campagne, les fuites les plus élevées, atteignant à la cote 583 environ $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$, valeur qui fut réduite à $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$ après 11 forages avec injections, exécutés en 1931 dans l'excavation de 1930, par la Société Bachy.

En 1934, l'exécution d'un mur RG sur les parois de l'excavation de 1930 permet de ramener de $0,8$ à $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$



la valeur de ces fuites. En 1935, un dallage en béton est exécuté au pied du mur rive gauche, et est complété, en 1937, par un revêtement d'ensemble de 60 x 50 m et de 0,15 m d'épaisseur, sans effet sensible sur les fuites.

Différentes solutions ont été adoptées pour réduire ces fuites, dans la mesure des crédits disponibles pour l'entretien des installations d'une centrale qui, avant la rénovation de 1964-1965, avait une productibilité annuelle moyenne de l'ordre de 12 millions de kWh. En 1949, un revêtement léger, gunité, armé ou non, a été mis en place sur 4 960 m² avec raccordement du barrage au mur de 1937 et à la rive droite.

Par la suite, divers travaux d'entretien ont été effectués durant la période d'étiage d'été, pour obturer les fuites observées dans ce revêtement.

En 1953, une dalle de raccordement de 0,20 à 0,10 m d'épaisseur a été exécutée en rive droite, et des travaux complémentaires de réparation du revêtement gunité ont été entrepris.

En 1959, six sondages repérés de S₁ à S₆ ont été effectués par la Société ESMO dans la zone aval de la retenue jusqu'à une profondeur de 15 m environ. La charge maximale du terrain dans cette zone était de l'ordre de 2 à 2,8 bars à retenue pleine.

Les terrains rencontrés en surface comprennent des alluvions avec graviers et blocs, puis des bancs alternés de calcaires et de marnes.

Pendant l'exécution des sondages centraux S₁ et S₂, de fortes pluies ont rendu ces forages artésiens jusqu'à environ 48 heures après la fin des pluies. Les essais d'absorption d'eau effectués sous 3 bars ont révélé les zones d'absorption totale dans quatre sondages sur six, la valeur du débit absorbé variait par ailleurs de 4 à 20 l/m/mn.

Pour mettre en balance des travaux assez importants, envisagés sur le tapis d'étanchéité aval en 1959, avec une autre solution consistant à édifier une nouvelle digue dans la partie centrale de la retenue, une campagne de sondages fut entreprise en 1960 par la Société Soléranche, à la suite d'un rapport géologique du 24 juin 1960 de Monsieur le Professeur BARBIER.

Un ensemble de 39 sondages a ainsi été réalisé sur des profondeurs variant de 9 à 20 m environ, principalement suivant un profil transversal à la vallée et un axe perpendiculaire longitudinal.

Des essais de perméabilité, dont les résultats varient de 10 à 100 unités Lugeon, et des relevés piézométriques ont notamment été effectués.

L'épaisseur des terrains de surface est de l'ordre de 3,50 m en moyenne. On trouve d'abord une couche de terre végétale de 0 à 0,90 m de hauteur recouvrant une couche épaisse de sable, de graviers et galets alluvionnaires ou d'éboulis parfois enrobés d'argile limoneuse. Le substratum rocheux marne-calcaire recouvre en profondeur un calcaire gris compact fissuré. Une étude rapide de la nappe a pu être effectuée : celle-ci suit normalement les mouvements des crues de la rivière et ceux du plan d'eau de la retenue. Les courbes de niveau de la nappe suivent sensiblement les courbes de niveau de la retenue.

En ce qui concerne les piézomètres, certains sont devenus artésiens lors des pluies observées le 1er octobre 1960. Par ailleurs, il est à noter que ce jour-là la pression de l'eau dans les terrains de surface était telle qu'un violent coup de talon dans le sol favorisait la formation d'un exutoire.

Les essais de coloration effectués ont confirmé que les sources de la retenue sont bien alimentées par les circulations d'eau à la base des terrains de couverture.

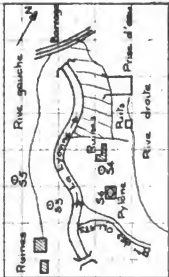
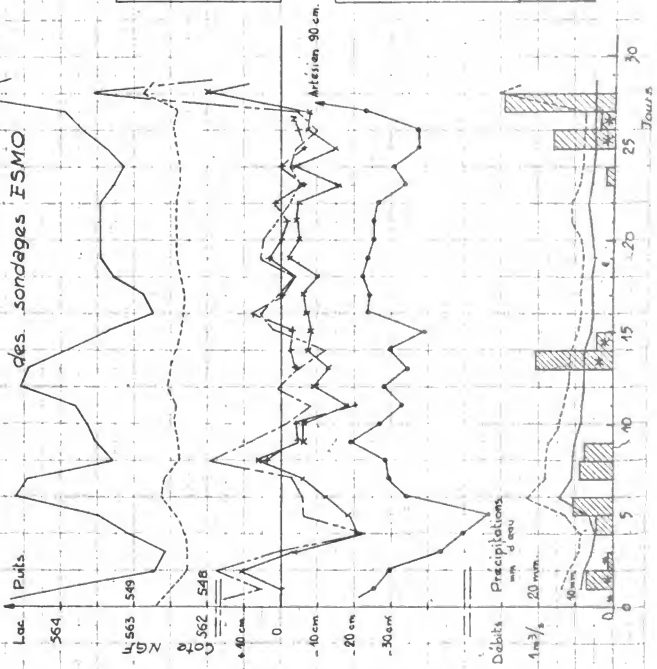
De 1962 à 1964, en complément des travaux de rénovation partielle comprenant en particulier la construction d'une tulipe de déversement en rive gauche de la retenue, le raccordement partiel a été exécuté dans la partie basse à l'aval, entre les revêtements rive gauche et rive droite.

C'est à cette époque que Monsieur le Professeur BARBIER et son élève A. LE PAGE (dans le cadre d'une thèse de troisième cycle, pour ce dernier) ont effectué diverses mises au point de caractère hydrogéologique mentionnées par ailleurs, et pour lesquelles nous renvoyons à la bibliographie in fine.

LAC DE BOUVANTE

Résultats du Contrôle Piezométrique
des sondages ESMO.

Mois de : février 1962



—●—	Cote NGF de la Retenue dans le puits
- - -	Niveau dans 56/Loc
.....	" " dans 54/Loc
-x-x-	(Écart : piezomètre - Loc)
+ + +	Débit de la Lyonne au Soudan
- - -	Débit de la Lyonne au Soudan
▨	Précipitations en mm. de sol au barrage
*	Neige

A. AL 9
14
12-61

Les différents modes d'exploitation de la réserve de Bouvante ont été les suivants.

A l'origine, et jusqu'en 1963 environ, la retenue était pratiquement exploitée comme une réserve saisonnière, si l'on excepte les vidanges totales d'été pour travaux. On maintenait donc une pression relativement élevée (2,8 bars au maximum) sur un terrain où la contre pression de la nappe était relativement variable. Il en résultait de temps à autre les poinçonnements du fond de la cuvette aux points les plus faibles, lorsque les conditions étaient défavorables.

A l'occasion de l'étude de rénovation une exploitation fictive de la réserve a été effectuée en 1962, à l'aide d'un ordinateur IBM 7090, sur une période de référence de trois ans.

A la suite de cette étude, la tranche normale de marnage a été ramenée à 2,70 m, soit $0,2 \text{ Mm}^3$, avec possibilité d'utilisation exceptionnelle d'une tranche supplémentaire de crue de 7 à 8 m, soit $1,35 \text{ Mm}^3$ au total (compression du terrain : 0,5 à 1 bar ; en crue : 2 bars environ au maximum). L'exploitation de la réserve est devenue hebdomadaire, en dehors des périodes de crues, où la centrale marche à pleine charge en permanence.

Le gain annuel d'énergie est de l'ordre de 8 GWh, cette énergie est placée au mieux sur la courbe de charge du réseau par un programmeur d'un type unique en Europe, à notre connaissance en 1965, la centrale étant entièrement automatique. Une étude complémentaire des crues de la Lyonne pour la période 1936-1960, jointe à une étude économique, ont permis de définir les nouvelles caractéristiques d'équipement de la chute.

Une amélioration assez nette semble avoir été apportée par un changement du mode d'exploitation de la réserve effectué depuis 1965.

Il a en effet été décidé, outre la baisse systématique du plan d'eau mentionnée ci-dessus, de limiter au maximum le nombre de vidanges totales de la retenue, antérieurement effectuées l'été pour examen du fond de la cuvette. En fin de printemps ou au début de l'été, deux jaugeages de contrôle permettent de juger de l'évolution des fuites et de voir si des travaux s'avèrent nécessaires durant l'étiage d'été. D'autres mesures sont, le cas échéant, effectuées en cours d'année.

Les résultats obtenus depuis la rénovation semblent montrer dans ces conditions, une stabilisation des fuites apparentes à une valeur inférieure à celle tirée de la moyenne établie en 1960.

Par ailleurs, une tentative est actuellement en cours pour intégrer dans l'exploitation un contrôle statistique approché des bilans de la réserve, qui permettrait de déceler rapidement les anomalies éventuelles de comportement, ces anomalies faisant alors l'objet d'un contrôle plus approfondi par des bilans d'une demi-journée.

CONCLUSION

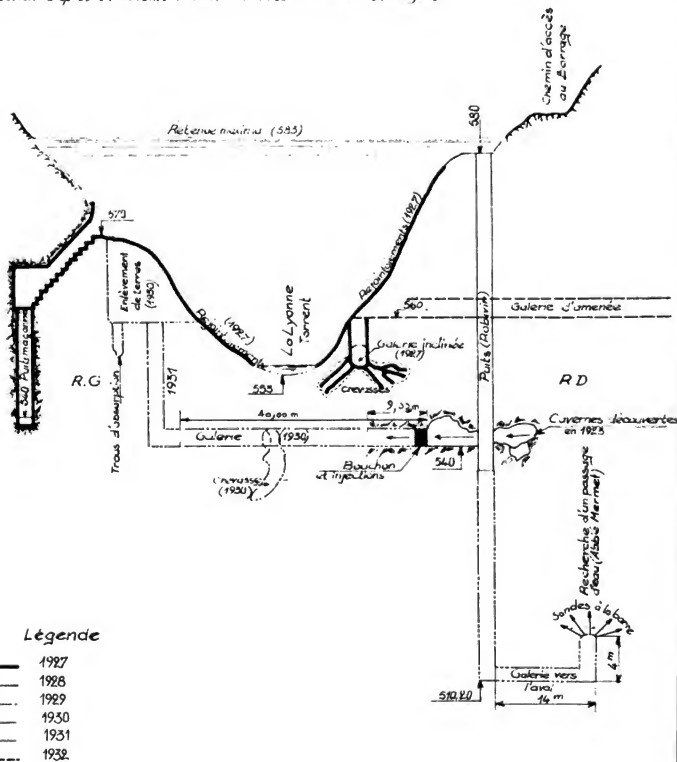
La recherche et le traitement des fuites du lac de Bouvante est un exemple typique d'une œuvre persévérante à laquelle ont pris part de nombreux organismes ou corps de métiers, elles mettent en évidence cette liaison particulièrement bénéfique en Dauphiné entre l'Université et l'Industrie.

L'étude du comportement des fuites dans le temps a fait ressortir l'extrême susceptibilité des terrains karstiques de Bouvante, toute intervention humaine pouvant aggraver les fuites.

La solution adoptée à l'occasion de l'automatisation de l'usine à savoir l'exploitation à niveau bas et peu variable, la réduction au strict minimum du nombre des vidanges totales, semble conduire à des résultats excellents par colmatage naturel des fissures.

Il n'est pas interdit de penser que l'évolution de la technique ne permette un jour prochain de retrouver dans des conditions économiques, la totalité de la réserve (3,8 millions de m^3).

Reproduction d'après un document conservé à l'usine de Pont-en-Royans



Légende

- 1927
- 1928
- 1929
- 1930
- 1931
- 1932

Société des Forces Motrices du Vercors à Valence

Ponçon, le 25 Novembre 1930

— Réservoir de H¹ Bouvantes —

Schéma des Travaux exécutés pour rechercher les fuites

VI - BIBLIOGRAPHIE

- BARBIER (R.), 1960. - a - Chute de Bouvante. Rapport géologique sur le nouveau projet de barrage (inédit).
- 1960. - b - Barrage de Bouvante. Rapport géologique sur les fuites de la retenue (inédit).
- 1963. - Barrage de Bouvante : rapport sur les nouvelles études géologiques et piézométriques (inédit).
- ELECTRICITE DE FRANCE, 1953. - Localisation de fuites dans une retenue au moyen de confettis. Fiche d'information interne DTG 03.
- -- 1961. - Usine de Bouvante : mise au point, à la date du 10.3.1961, des études, des mesures de fuites et des principaux travaux effectués depuis 1918.
- -- 1961. - Contrôle de l'exploitation de la réserve et de la tenue de la cuvette.
- -- 1963. - Lac de Bouvante : résultats du contrôle piézométrique des sondages ESMO de janvier à décembre 1962.
- HOTZ (W.), 1931. - Rapport géologique concernant l'étanchement du lac de Bouvante (inédit).
- KILIAN (W.). 1924. - Consultation géologique relative au tunnel d'amenée des chutes de la Lyonne près de Bouvante (inédit).
- LE PAGE (A.), 1963. - Contribution à l'étude géologique de la bordure sud ouest du Vercors : l'anticlinal de Bouvante et ses environs. Thèse de doctorat de 3e cycle.
1964. - Etude géologique et hydrogéologique des abords du barrage de Bouvante-le-Haut (26) en 1962-63. (inédit).
- SAYN (G.). 1918. - Rapport géologique en vue de la construction d'un barrage à Bouvante-le-Haut (inédit).
- SOCIETE ESMO, 1959. - Chantier de Bouvante. Dossier technique.
- SOCIETE SOLETANCHE, 1960. - Retenue de Bouvante le Haut. Campagne de reconnaissance.

VII - FIGURES

- 1 - Carte hydrographique du Vercors (1/200 000).
- 2 - Carte de la région de Bouvante (1/50 000).
- 3 - Essai de localisation des perres.
- 4 - "Interprétation géologique".
- 5 - Trajet probable des eaux (A. LE PAGE).
- 6 - Bilan des fuites en fonction de la cote.
- 7 - Contrôle piézométrique.
- 8 - Schéma des travaux exécutés pour rechercher les fuites.

QUELQUES RESULTATS DE CONTROLES DE DEBITS FAITS PAR
ELECTRICITE DE FRANCE DANS LE VERCORS

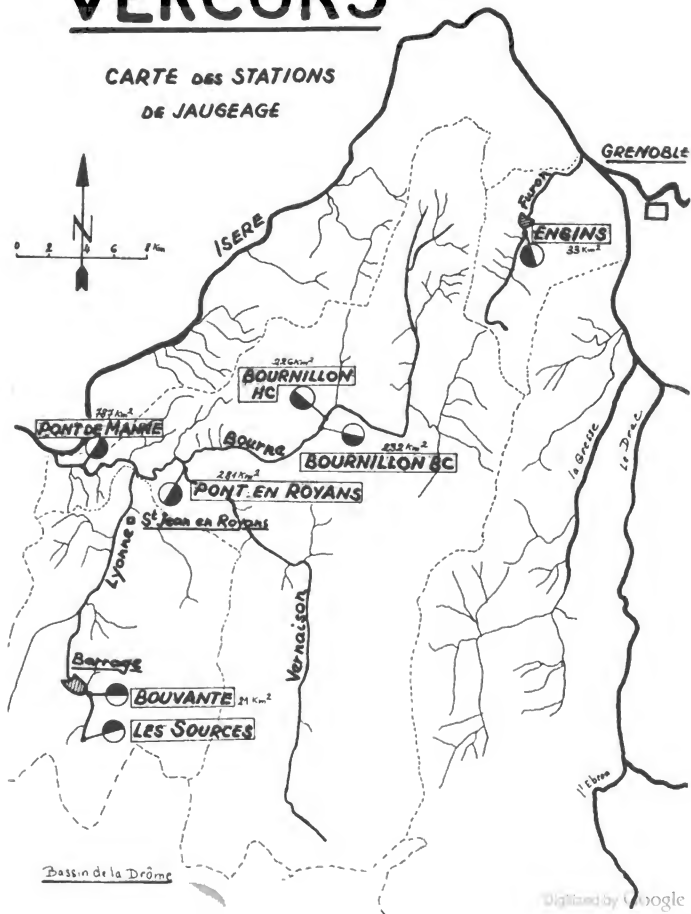
par H. ANDRE et M. AUDINET

SOMMAIRE

- Carte des stations de jaugeage.
- Quelques constatations sur les écoulements
 - Ecoulements de la Vernaison
 - Courbe de tarissement des sources de la Lyonne
- Fiches signalétiques succinctes sur les stations de mesure et résultats
 - Engins sur le Furon
 - Bournillon Haute Chute sur la Bourne
 - Pont-en-Royans sur la Vernaison
 - Les sources de la Lyonne
 - Bouvante sur la Lyonne
- Normales pluviométriques des stations du Vercors (P_2).

VERCORS

CARTE DES STATIONS
DE JAUGEAGE



QUELQUES CONSTATATIONS SUR LES ECOULEMENTS

Les circulations karstiques qui existent dans le massif du Vercors rendent toute étude hydrologique délicate et toute conclusion doit être étayée par une étude hydrogéologique approfondie.

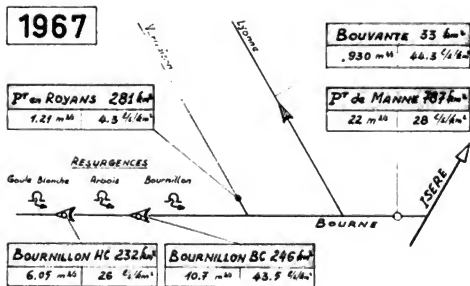
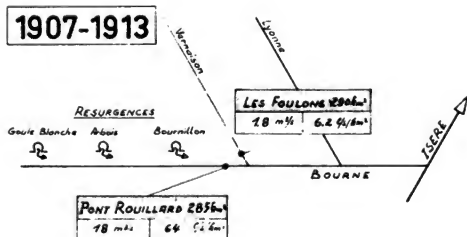
Le rôle de la Division Technique Générale au sein du Service de la Production Hydraulique étant de contrôler les apports réels en un point donné pour les projets d'aménagement ou de réaménagement de chutes et de fournir les éléments nécessaires aux études de corrélations pluies - débits pour des prévisions d'apports, cet exposé se limitera à quelques constatations sur les écoulements.

I - ECOULEMENTS TRES DEFICITAIRES DE LA VERNAISON

Le module moyen annuel de la Vernaison à Pont-en-Royans, c'est-à-dire le débit moyen annuel rapporté au bassin versant apparent de 281 km^2 , est de $5,35 \text{ l/s/km}^2$ pour la période 1965 - 1967. Une valeur de l'ordre de 25 à 30 l/s/km^2 , comme pour le Furon ou la Haute Bourne serait plus normale. C'est-à-dire que les 4/5 des écoulements naturels du bassin versant disparaissent. Ce transfert souterrain des écoulements de la Vernaison, dans la Bourne avait été mis en évidence par Messieurs BOURGIN et PARDE. Des stations de jaugeage, placées en différents points du cours d'eau et associées à des pluviomètres, permettraient une meilleure connaissance du phénomène par mise en évidence de discontinuités dans les apports aux diverses stations et de déterminer la part des pertes brutales et des pertes par infiltration au niveau du ruissellement élémentaire.

La vallée de la Bourne est caractérisée par de nombreuses résurgences ou "goules". Si l'on compare les écoulements mesurés en divers points on constate des discontinuités importantes. Ainsi, au barrage de la Balme, à la station de Bournillon Haute Chute les écoulements sont encore "normaux", bien qu'il existe en amont quelques sources parfois importantes (Goule Blanche). Le module moyen annuel pour la période 1963 - 1967 est de $26,7 \text{ l/s/km}^2$ alors que pour la même période, à la prise d'eau de Bournillon Basse Chute, le module moyen annuel est de $42,5 \text{ l/s/km}^2$, pour une augmentation du bassin versant apparent de 14 km^2 (246 au lieu de 232). Entre les deux points de mesure distants de 3 km, apparaissent les Sources d'Arbois.

Dans l'annuaire des Grandes Forces Hydrauliques on trouve les résultats de mesure aux stations de Pont Rouillard sur la Bourne et des Foulons sur la Vernaison ; points très intéressants puisque contrôlant la totalité des bassins de la Bourne (285 km^2) et de la Vernaison (290 km^2) en amont du confluent de ces deux rivières. Pour la période 1907 - 1913 le débit moyen annuel de la Bourne a été de $18 \text{ m}^3/\text{s}$ (64 l/s/km^2) et celui de la Vernaison de $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ($6,2 \text{ l/s/km}^2$; valeurs discordantes en raison du transfert des écoulements de la Vernaison vers la Bourne.



Les schémas montrent la nécessité de faire, en région karstique, des mesures de débits et des recherches sur le "bassin versant géologique" ; car des études basées uniquement sur les précipitations, les bassins versants et les écoulements spécifiques peuvent entraîner les conclusions erronées.

A l'aval, la station de jaugeage de Pont de Manne sur la Bourne est trop récente (1967) pour fournir des résultats de comparaison, cependant un bilan des écoulements de la Bourne a été tenté pour l'année 1967 dans le tableau suivant :

Rivière	Station	B. V.	Module l/s/km ² 1967	Volume annuel écoulé en millions de m ³
Bourne	Bournillon Haute Chute	232	26.0	191
Bourne	Bournillon Basse Chute	246	43.5	333
Vernaison	Pont-en-Royans	281	4.3	38.2
Lyonne	Bouvante	21	44.0	29.2
Bourne	Pont de Manne + Canal de la Bourne	787	28	697

Les bassins versants apparents partiels donnent des écoulements excédentaires pour la Bourne à Bournillon Basse Chute et la Lyonne à Bouvante et déficitaire pour la Vernaison à Pont-en-Royans. Alors que le bassin versant total de la Bourne, contrôlé au Pont de Manne, donne un écoulement normal.

Ce bilan d'une année montre les transferts souterrains des écoulements d'un bassin intermédiaire à un autre, à l'intérieur du bassin de la Bourne. Une série d'observations plus longue permettrait peut-être de contrôler "l'étanchéité" du bassin total de la Bourne.

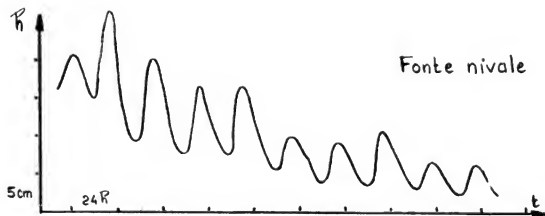
II - COURBE DE TARISSEMENT DES SOURCES DE LA LYONNE

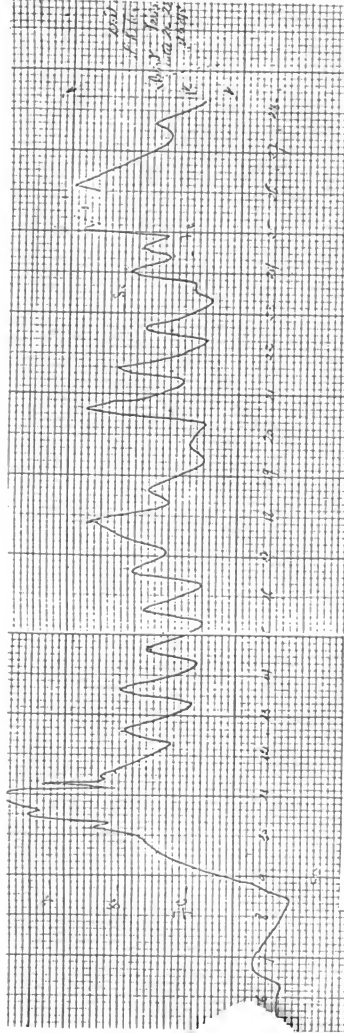
La station de jaugeage contrôle la résurgence même et n'est pas influencée par des écoulements parasites. L'examen des enregistrements conduit aux constatations suivantes :

II. 1 - Faible pouvoir de rétention du réseau souterrain

On le constate en période de fonte nivale où le débit est périodique avec un maximum en 24 heures sur orange, l'augmentation du débit est alors brutale et la décroissance rapide.

Ces réactions aux phénomènes météorologiques sont semblables à celles que l'on constate aux stations de jaugeage contrôlant un bassin normal.





Les Sources de la Lyonne

Fonte nivale

Les SOURCES de la LYONNE

Août & Septembre 1961

100 l/s

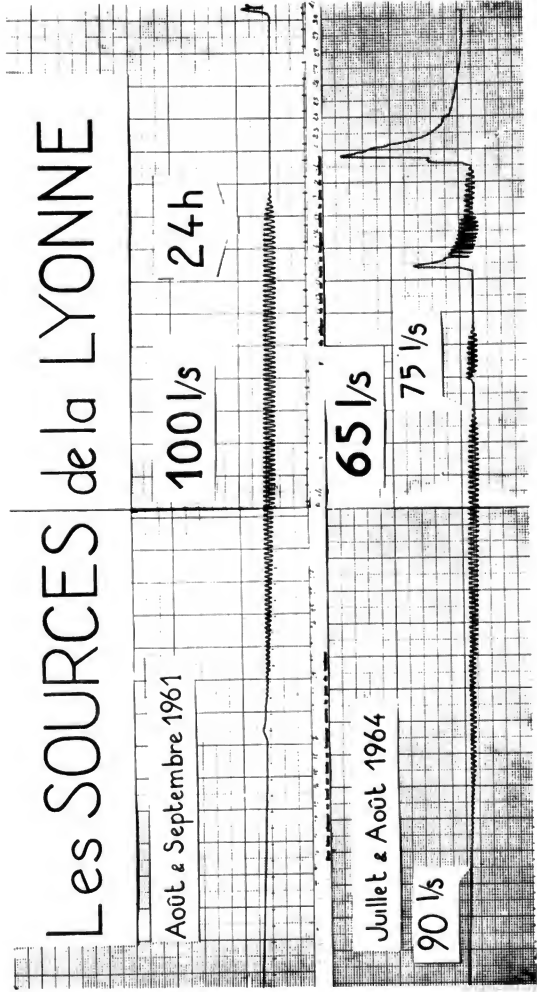
24h

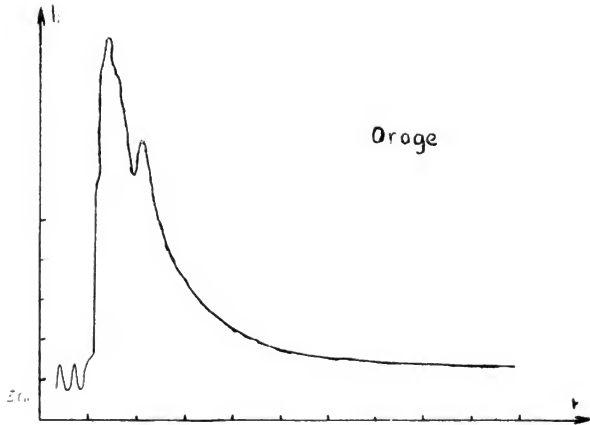
Juillet & Août 1964

65 l/s

75 l/s

90 l/s





Cette grande irrégularité des débits caractérise les sources des régions calcaires.

II. 2 - Alimentation oscillatoire de la source

Pendant la période sèche, le débit de la source décroît progressivement et à partir d'une certaine valeur on remarque sur l'enregistrement des oscillations entretenues qui traduisent les variations périodiques du débit. Ce phénomène disparaît quand le débit diminue ou augmente par suite d'un orage.

Ce phénomène, d'une grande régularité, a été constaté tous les ans, mais en particulier lors des étés très secs de 1961 et 1964 où les oscillations ont pu être enregistrées durant un mois.

Dans tous les cas, on remarque que les oscillations commencent et cessent pour des valeurs bien déterminées du débit 90 l/s et 75 l/s.

Les oscillations ont une période de 7 h 15 mn et une amplitude de 35 l/s (de 65 l/s à 100 l/s).

Une explication de ces oscillations peut être tentée sur le schéma hydraulique suivant : la source est l'exutoire d'une capacité alimentée par un réseau drainant et un siphon. Le réseau drainant fournirait la composante continue du débit et le siphon la composante alternative.

Lorsque le débit de la source décroît, mais est supérieur à 90 l/s, le siphon est en charge et fournit un débit continu qui s'ajoute au débit du réseau drainant. Le débit total décroît progressivement (zone A). Quand le débit atteint 90 l/s la part de ce débit provenant du siphon n'est plus suffisante pour l'alimenter et le siphon se désamorçe. La source n'est plus alimentée que par le réseau drainant. La capacité en amont du siphon se remplit et le siphon se réamorçe. La source est alimentée par le réseau drainant et le siphon. Mais le débit du siphon est supérieur au débit alimentant la capacité amont. Celle-ci se vide. Le siphon se désamorçe (zone B). Ensuite le débit alimentant le siphon n'est plus

suffisant pour que celui-ci s'amorce, il fonctionne alors en écoulement partialisé, il fournit alors un débit continu qui se superpose au débit du réseau drainant, les oscillations cessent et le débit de la source devient continu (zone C).

Les cycles d'amorçage et de désamorçage d'un siphon entraînent des variations rapides du débit. Sur l'enregistrement les variations sont trop progressives pour ne pas penser qu'une capacité tampon amortisse le phénomène.

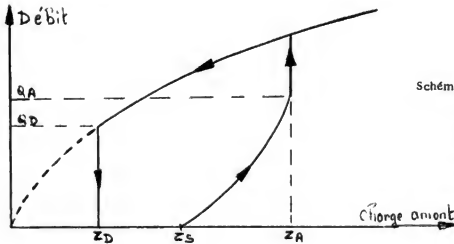
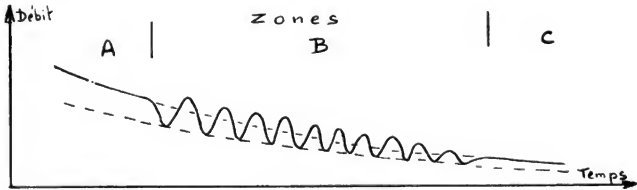


Schéma de fonctionnement d'un siphon

- Z_S - cote du seuil
- Z_A - cote d'amorçage
- Z_D - cote de désamorçage
- Q_A - débit d'amorçage
- Q_D - débit de désamorçage

Une observation patiente par enregistrement du débit d'une source (et on peut regretter que des difficultés d'accès n'aient pas permis d'avoir un enregistrement avec une échelle de temps plus grande) peut permettre de fournir un schéma hydraulique de principe du réseau souterrain l'alimentant.

STATION ENGIS

RIVIERE LE FURON

SITUATION

La station est située à 835 m d'altitude, en amont immédiat de la retenue d'Engis, prise d'eau de l'usine de Sassenage, elle contrôle les apports naturels d'un bassin versant apparent de 33 km².

SENSIBILITE ET PRECISION ESPERE

- Seuil aménagé, une seule courbe de tarage.
- Une variation de 1 cm à l'échelle limnimétrique représente une variation voisine de :
 - 15 % en débit aux environs de .15 m³/s
 - 3 % en débit aux environs de 1 m³/s
 - 3 % en débit aux environs de 6 m³/s

PERIODE DE DEBITS CONNUS

- Station mise en service en mai 1962.
- Exploitation arrêtée le 31 décembre 1966.

RESULTATS

- Débit minimal enregistré : .107 m³/s
- Débit maximal enregistré : 9.70 m³/s
- Module moyen annuel : 28.3 l/s/km² soit 900 mm
- Débits moyens mensuels en m³/s pour 1963 - 1966

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
1963-66 m ³ /s	.745	.865	1.55	2.35	1.73	.675	.350	.343	.535	.428	.675	.975	.935

LE FURON A ENGIN

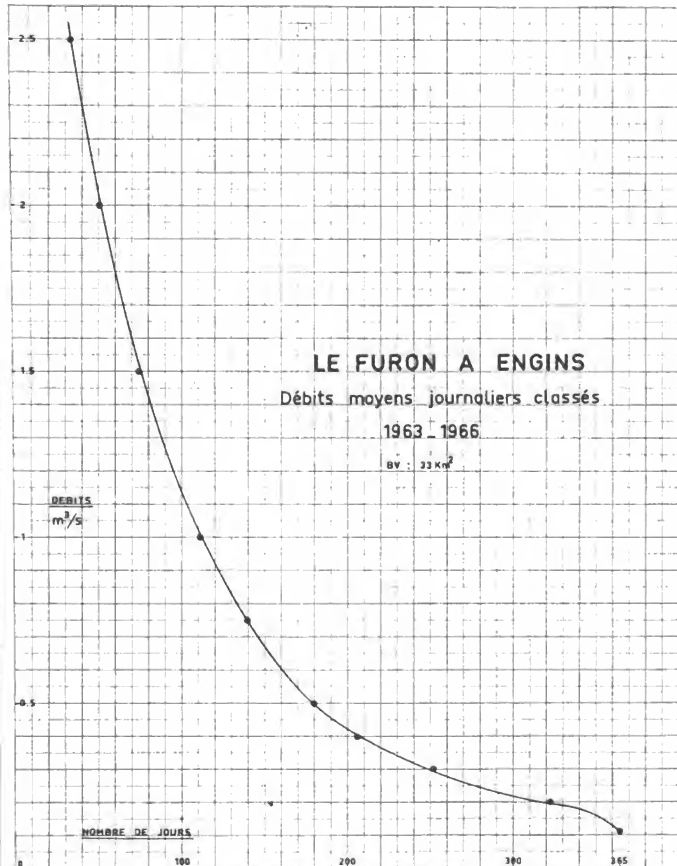
Débits moyens journaliers classés

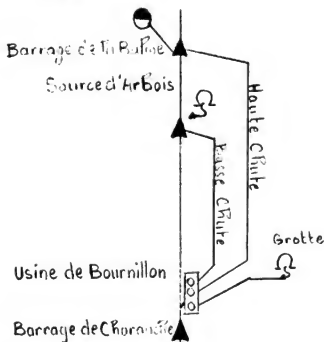
1963 - 1966

BY : 33 Km²

DÉBITS
m³/s

NOMBRE DE JOURS



STATION BOURNILLON HAUTE CHUTERIVIERE BOURNESITUATION

La station contrôle les apports naturels de la Bourne au barrage de la Balme, à l'altitude de 626 m, pour un bassin versant apparent de 232 km².

Une station limnigraphique contrôle les déversements au barrage de la Balme. Les débits turbinés sur la Haute Chute sont connus à partir de la production d'énergie du groupe et d'un équivalent m³/kWh unique.

Les débits publiés, sommes des débits turbinés et déversés, sont légèrement influencés par le débit restitué en permanence au barrage.

SENSIBILITE ET PRECISION ESPEREEa) Débits déversés

- Seuil aménagé, une seule courbe de tarage.
- Une variation de 1 cm à l'échelle limnimétrique représente une variation voisine de :
 - 5 % en débit aux environs de 4 m³/s
 - 2 % en débit aux environs de 20 m³/s
 - 1 % en débit aux environs de 100 m³/s

b)

- Le calcul des débits turbinés est fait à partir de la production journalière du groupe et d'un équivalent m³/kWh unique.

PERIODE DE DEBITS CONNUS

- Station mise en service en janvier 1962.

RESULTATS

- Débit minimal enregistré : 338 m³/s
- Débit maximal enregistré : 85 m³/s
- Module moyen annuel : 26,7 l/s/km² soit 840 mm
- Débits moyens mensuels 1963 - 1967

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
1963-67 m ³ /s	4.80	5.20	11.1	15.5		6.35	2.58	1.94	2.93	2.09	4.32	5.40	6.20

STATION PONT-EN-ROYANS

RIVIERE LA VERNAISON

SITUATION

La station est située sur la Vernaïson au droit de l'usine hydroélectrique de Pont-en-Royans, en amont de son confluent avec la Bourne. Elle contrôle les apports naturels d'un bassin versant apparent de 281 km².

SENSIBILITE ET PRECISION ESPEREE

- En rivière non aménagée, stabilité moyenne de la courbe de tarage.
- Une variation de 1 cm à l'échelle limnimétrique représente une variation voisine de :
 - 25 % en débit aux environs de .2 m³/s
 - 6 % en débit aux environs de 1.8 m³/s
 - 2 % en débit aux environs de 15 m³/s

PERIODE DE DEBITS CONNUS

- La station est exploitée depuis mai 1964.

RESULTATS

- Débit minimal enregistré : .120 m³/s
- Débit maximal enregistré : 20 m³/s
- Module moyen annuel : 5.35 l/s/km² soit 170 mm
- Débits moyens mensuels 1965 - 1967.

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
1965-1967 m ³ /s	1.7	1.97	2.3	2.76	2.30	1.40	.765	.333	.590	.515	1.41	2.02	1.50

STATION LES SOURCES

RIVIERE LA LYONNE

SITUATION

Cette station est située aux sources même de la Lyonne, résurgence au pied d'une falaise, elle contrôle les apports d'un bassin inconnu.

SENSIBILITE ET PRECISION ESPEREE

- Seuil aménagé, une seule courbe de tarage.
- Une variation de 1 cm à l'échelle limnimétrique représente une variation voisine de :
 - 12 % en débit aux environs de $.1 \text{ m}^3/\text{s}$
 - 8 % en débit aux environs de $.8 \text{ m}^3/\text{s}$
 - 5 % en débit aux environs de $10 \text{ m}^3/\text{s}$

PERIODE DE DEBITS CONNUS

- Station mise en service en mai 1960.
- Exploitation arrêtée le 31 décembre 1966.

RESULTATS

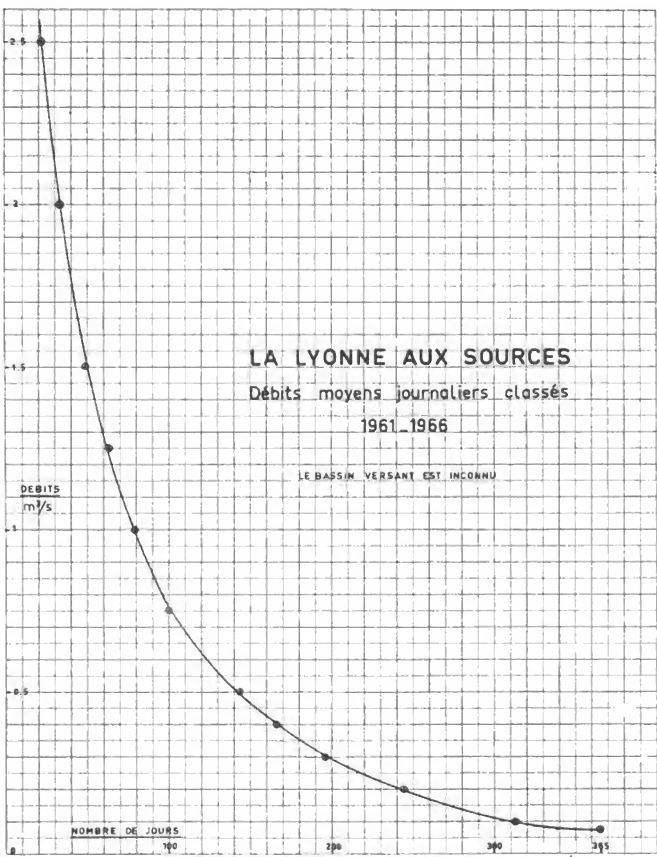
- Débit minimal enregistré : $.043 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débit maximal enregistré : $14 \text{ m}^3/\text{s}$
- Débits moyens mensuels en m^3/s pour 1961 - 1966.

	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
1961-1966 m^3/s	.535	.760	1.37	2.03	.920	.498	.184	.214	.345	.416	.720	.705	.720

LA LYONNE AUX SOURCES

Débits moyens journaliers classés
1961-1966

LE BASSIN VERSANT EST INCONNU



NOMBRE DE JOURS

DEBITS
m³/s

STATION BOUVANTERIVIERE LA LYONNESITUATION

La station est située en amont du village de Bouvante le Haut, elle contrôle les apports naturels d'un bassin versant apparent de 21 km², auquel il faut ajouter un bassin inconnu.

SENSIBILITE ET PRECISION ESPEREE

- Seuil aménagé, stabilité moyenne du tarage.
- Une variation de 1 cm à l'échelle limnimétrique représente une variation voisine de :
 - 10 % en débit aux environs de .1 m³/s
 - 10 % en débit aux environs de 1.2 m³/s
 - 3 % en débit aux environs de 10 m³/s

PERIODE DE DEBITS CONNUS

- La station est exploitée depuis 1936, mais jusqu'en 1958 les débits n'ont pas été calculés au-delà de .5 m³/s

RESULTATS

- Débit minimal enregistré : .063 m³/s
- Débit maximal enregistré : 18.5 m³/s
- Module moyen annuel : 52.5 l/s/km² soit 1650 mm
- Débits moyens mensuels de 1958 à 1967.

	J	F	M	A	M	J	Jr	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
1958-1967 m ³ /s	.965	1.08	2.07	2.44	1.33	.735	.298	.288	.49	.975	1.4	1.23	1.1

NORMALES PLYUVIOMETRIQUES
en mm

$\left\{ \begin{array}{l} M_2 : 1936 - 1965 \\ M_1 : 1956 - 1965 \end{array} \right\}$

VERCORS

NOM DE LA STATION	Altitude	Bassin Versant	J	F	M	A	M	J	Jt	A	S	O	N	D	ANNEE	
																M ₂
PONT-EN-ROYANS	200	Bourne	M ₂	61	66	86	101	100	69	97	113	95	81	68	1003	
			M ₁	53	94	99	74	93	87	105	112	96	80	81	1011	
LENTE	1080	Cholet	M ₂													
			M ₁	76	85	140	158	115	122	84	114	139	138	127	135	1438
SAINT-JEAN-EN-ROYANS	325	Lyonne	M ₂													
			M ₁	53	58	98	91	70	93	58	89	116	98	88	86	1001
ENGENS	850	Furon	M ₂	109	108	90	89	104	106	83	101	117	108	116	121	1258
			M ₁	91	92	123	107	96	105	107	102	118	126	91	137	1299
VILLARD DE LANS	1050	Bourne	M ₂	102	105	80	86	111	104	77	106	118	105	121	117	1236
			M ₁	92	97	105	106	94	103	90	107	119	134	96	135	1282
AUTRANS	1090	Bourne	M ₂	109	118	96	109	135	137	101	125	140	112	114	129	1425
			M ₁	100	102	132	134	123	136	108	124	126	135	94	143	1460
BOURNILLON	310	Bourne	M ₂													
			M ₁	75	74	112	108	93	100	80	93	120	118	82	104	1165

OBSERVATIONS A: LA NOTE DE MM. ANDRÉ et AUDINET : BONNET André : Fédération Française de Spéléologie

L'explication de l'intermittence du débit de la Lyonne que vous donnez est celle qui a été démontrée pour la résurgence de Fontesorbe: elle paraît valable pour la partie du diagramme où le débit est compris entre 90 l/s et 75 l/s mais une autre zone d'oscillation apparaît sur le graphique que vous présentez en séquelle d'une crue. Dans cette zone les oscillations ont lieu pour d'autres valeurs très différentes de celles retenues dans le premier cas. Comment expliquez-vous cette différence des valeurs d'apparition du phénomène dans ces deux cas ?

"SUR QUELQUES MANIFESTATIONS KARSTIQUES OBSERVEES LORS DE LA PERFORATION DU TUNNEL DU MORTIER"

(vallon de l'Achard) par P. ANTOINE.

Le percement du tunnel du Mortier a révélé dans la masse supérieure de l'Urgonien (au-dessus de la couche à Orbitolines) une karstification importante.

La manifestation la plus spectaculaire fut une galerie à peu près perpendiculaire à l'axe du tunnel, recoupée en février 1966, longue d'environ 200 m pour sa partie la plus facilement accessible.

Cette galerie orientée par deux plans de cassure subverticaux distants d'environ 6 m était absolument sèche. Le radier de la galerie en dehors des zones couvertes de débris, ou de blocs éboulés révélait par places des bancs de limons visiblement abandonnés par un courant liquide. Par ailleurs des communications avec la surface, sous forme de fissures ou de puits étaient visibles en plusieurs points.

L'extrémité ouest de la galerie montrait ainsi une sorte de cheminée verticale occupée par une cascade pétrifiée remarquable.

Aucune communication facilement accessible avec un réseau plus profond n'a pu être mise en évidence, malgré de nombreux indices : pertes plus que probables des débits infiltrés à la fonte des neiges. Courant d'air assez violent dans certaines fissures rencontrées quelques mètres auparavant. Signalons à ce propos qu'une de ces fissures fut reconstruite par J. BERGER jusqu'à une profondeur d'une quarantaine de mètres sous le radier du tunnel. La progression fut stoppée par les déblais d'une volée qui obstruaient la partie basse.

QUELQUES PRECISIONS SUR L'HYDROGÉOLOGIE DU VERCORS MÉRIDIONAL

par Hubert ARNAUD

Les grands plateaux du Vercors méridional, qui s'étalent largement au Sud de la Bourne et surtout de la Vernaison constituent un ensemble géographique et géologique extrêmement bien marqué, assez différent des autres parties du massif et les relations entre la morphologie, la géologie et l'hydrologie y sont particulièrement étroites.

La plupart des grands problèmes hydrogéologiques sont bien connus depuis les travaux, déjà anciens, de E. A. MARTEL et A. BOURGIN et ceux, plus récents, de nombreux groupes de spéléologues. Nous nous proposons de faire le point des connaissances actuelles sur ces problèmes et d'y apporter quelques précisions rendues possibles par l'étude géologique en surface de cette région.

A. - LES CONDITIONS GEOLOGIQUES

1. La série stratigraphique

La géologie du Vercors méridional est dominée par l'existence des calcaires urgoniens qui affleurent sur plus de 82 % de la région étudiée. Ils sont le siège d'importants phénomènes de dissolution et de circulation souterraine, le niveau de base de celle-ci étant représenté par les couches calcaire-argileuses sous-jacentes du Barrémien inférieur et de l'Hauteurvien.

Au Nord, les calcaires urgoniens sont identiques à ceux du Vercors septentrional. La discontinuité des couches marneuses ou "couches à Orbitolines" et l'invasivité de toute la série par le faciès "calcaire à Rudistes" rend malaisée toute distinction en deux masses. Par contre, d'importantes variations de faciès se produisent à mesure que l'on se rapproche du rebord méridional. Une couche calcaire-argileuse qui se poursuit vers le Nord jusqu'à la latitude de Lente sépare l'Urgonien en deux parties. Les faciès classiques à Rudistes ne subsistent plus que dans la partie supérieure, alors que la partie inférieure est envahie progressivement par l'apparition de calcaires à débris et de calcaires à silex souvent lités, renfermant des intercalations marneuses et de ce fait, beaucoup moins favorables aux circulations karstiques.

Ces variations de faciès et l'existence de zones marneuses continues sur d'assez grandes distances permettent d'expliquer un certain nombre de résurgences (en particulier celle de Brudour).

La vallée de la Vernaison et ses annexes (plateaux de la Chapelle et de Saint-Martin-en-Vercors) est remplie, par contre, par des sédiments du Crétacé moyen (sables, marnes gréseuses et calcaires à entroques) et du Crétacé supérieur (calcaires et calcaires gréseux) auxquels viennent s'ajouter quelques dépôts quaternaires (éboulis et moraines). Ces dernières formations renferment quelques petites nappes phréatiques qui alimentent des sources nombreuses, mais de faible débit.

2. La Tectonique

La carapace urgonienne des plateaux méridionaux du Vercors est accidentée par quelques plis d'axe nord-sud et par un extraordinaire réseau de failles et de diaclases.

- Les plis sont peu nombreux et déterminent le relief conforme caractéristique de cette zone.

D'Ouest en Est on rencontre :

- l'anticlinal Serre de Montué - Serre de Pélandré,
- l'anticlinal Puy de la Gagère - Montagne de l'Arp,
- le synclinal médian du Vercors ou synclinal de la Vernaison,

Entre ces différents plis s'étalent largement des aires à valeur synclinale où les pendages sont généralement faibles. On distingue :

- l'aire synclinale Font-d'Urle-Lente à l'Ouest,
- l'aire synclinale de Vassieux au centre,
- l'aire synclinale de la forêt domaniale du Vercors à l'Est, entre la vallée de la Vernaïson et la falaise orientale redressée du massif.

L'ensemble de ces mouvements est assez fortement relevé vers le Sud à l'approche de l'aire anticlinale de Die, ce qui détermine l'écoulement général vers le Nord des eaux d'infiltration.

- Les failles et les diaclases très nombreuses peuvent être groupées en quatre faisceaux de direction sensiblement nord-sud ; est-ouest ; nord est-sud ouest et nord ouest-sud est. L'accident morphologiquement le plus important étant la faille de la Roche du Mas qui surélève considérablement son compartiment sud.

B. - LES GRANDS TRAITES DE L'HYDROGEOLOGIE

Le Vercors est un massif relativement bien arrosé qui reçoit annuellement une quantité d'eau et de neige évaluée à 1350 mm en moyenne. Cette valeur moyenne est largement dépassée et atteint facilement 2 000 mm/an sur les hauts plateaux.

Malgré l'importance des précipitations, plus de 80 % de l'eau s'infiltré immédiatement et le Vercors méridional n'est drainé superficiellement que par une seule rivière pérenne, la Vernaïson grossie par le Buyèche. Leur bassin d'alimentation représente moins du quart de la superficie totale, alors que les trois-quarts de cette dernière ne présentent aucun écoulement aérien, hormis le ruisseau du Brudour dans la forêt de Lente, mince filet d'eau qui a bien du mal à couler sur quelques centaines de mètres avant de se perdre par infiltration.

Les infiltrations annuelles très importantes en volume et les fortes dissolutions qui les accompagnent ont creusé peu à peu un inextricable maillage de grottes, de "scialets" et de galeries souterraines plus ou moins reliées entre elles, donnant à cette région l'aspect d'un énorme château d'eau par où l'eau s'échappe sur le versant nord en de grandes résurgences au débit tellement considérable que certaines sont exploitées pour la fabrication de l'énergie hydro-électrique.

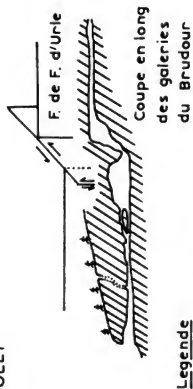
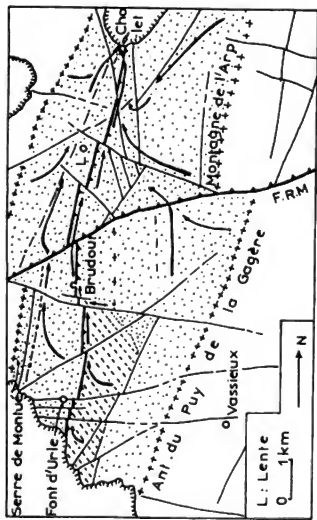
Ce vaste réseau peut être divisé en deux zones :

- A l'Ouest, le réseau du Brudour-Cholet occupe l'emplacement de la forêt de Lente.
- A l'Est, le réseau connu depuis A. BOURGIN sous le nom de "Vernaïson souterraine". A cet ensemble correspond également un certain nombre de résurgences alimentées par un bassin versant local (Combemale, l'Aduin-Déramas...). Il aboutit au complexe-sources d'Arbois-Bournillon, dans la vallée de la Bourne.

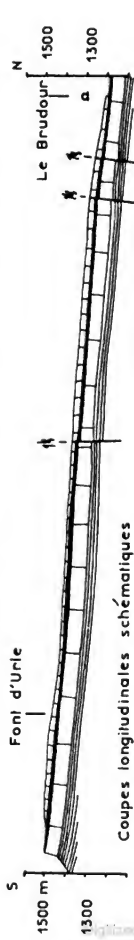
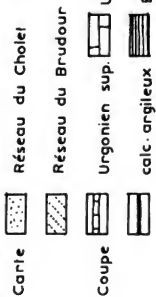
C. - LE RESEAU DU BRUDOUR-CHOLET (fig. 1)

Au cœur de la forêt de Lente, le ruisseau du Brudour, seul cours d'eau pérenne de la région, sort du porche majestueux de la grotte du même nom et va se perdre par infiltration après avoir parcouru péniblement quelques centaines de mètres. Lors des crues, les eaux arrivent jusqu'aux alentours de la ferme du Mandement, à Lente, où elles s'accumulent au fond d'un "pot" en un petit lac temporaire qui disparaît par infiltration. C'est ce phénomène qui avait frappé E. A. MARTEL à la fin du siècle dernier au cours de ses premières explorations spéléologiques de la région. Il devait bientôt en faire la relation avec l'importante résurgence du Cholet au fond de Combe Laval. C'est ainsi qu'il déversa, le 13 juillet 1896 une certaine quantité de fluorescéine dans le ruisseau du Brudour. La coloration ressortit 22 heures plus tard à la source du Cholet. Après une campagne d'exploration de la grotte du Brudour, le même auteur eut l'intuition que les eaux provenaient de la région de Font-d'Urle en raison de l'orientation des galeries.

LE RESEAU BRUDOUR-CHOLET



Legende



Coupes longitudinales schématiques de la forêt de Lente

Beaucoup plus tard, on déversa de la fluorescéine dans le scialet de Font-d'Urle. La coloration ressortit le 14 décembre 1963 à la ferme du Mandement alimentée en eau par un captage du Brudour. L'existence d'une vaste rivière souterraine s'étendant sur plus de neuf kilomètres entre Font-d'Urle et le Cholet était prouvée. Une notable partie de cette rivière circule au sein des calcaires urgoniens et non pas à leur base (réseau du Brudour) et il convient d'en donner l'explication géologique.

1. Le bassin d'alimentation du Brudour

Dans la région de Font-d'Urle, les calcaires urgoniens sont séparés en deux parties par une assise de calcaires argileux et de marnes qui affleurent sur le rebord méridional du plateau. Cette assise est continue sur quelques kilomètres en direction du Nord où elle est visible le long du ruisseau du Brudour en amont de la faille de la Roche du Mas et dans la grotte elle-même dont elle forme le plancher imperméable. Les galeries explorées de cette dernière sont exactement à la limite de cette assise et des calcaires blancs de la masse supérieure et il est évident que nous avons là un niveau de base local, continu entre Font-d'Urle et la grotte du Brudour, différent du niveau de base principal Barrémien inférieur.

Les eaux, s'infiltrant dans les calcaires massifs, très diaclasés et lapiazés de Font-d'Urle, suivent l'assise argileuse et ont tendance à s'écouler en direction de l'axe synclinal qui borde le Serre de Montué immédiatement à l'Est. La circulation de l'eau, dirigée du Sud Est au Nord Ouest suivant le pendage des couches est arrêtée par la grande faille méridienne de Font-d'Urle, abaissant son compartiment est. Dès lors, au lieu de cheminer jusqu'à l'axe synclinal, l'eau longe cet obstacle jusqu'à la grotte du Brudour où elle ressort. De nombreuses failles transversales recoupent la faille de Font-d'Urle et perturbent l'écoulement normal. Le tracé des galeries du Brudour nous montre qu'elles sont plus ou moins rectilignes dans le plan de la faille de Font-d'Urle, puis elles dessinent un "Z" au niveau d'une faille transversale coulissante visible en surface. Ce phénomène s'accompagne de la surélévation de la partie sud de la galerie, le niveau de base marneux ayant été relevé par la faille (cf. fig. 1).

Les seuls chiffres en notre possession mentionnent un débit d'étiage du Brudour égal à 5-10 l/s, ce qui correspondrait à un bassin versant de 1 à 1,5 km² en tenant compte du débit d'étiage moyen par kilomètre carré calculé par A. BOURGIN (le chiffre exact donné par cet auteur est de 7,08 l/s/km²). Le bassin versant du Brudour étant cartographiquement plus étendu, nous devons penser qu'une notable proportion des eaux s'infiltra plus profondément jusqu'au niveau de base principal Barrémien inférieur et rejoint directement le réseau du Cholet. Ce phénomène est rendu possible par l'abondance des fractures et bien que la masse inférieure de l'Urgonien, avec ses calcaires lités et ses joints marneux ne soit pas très favorable aux circulations souterraines. Cette hypothèse semble confirmée par l'observation d'une perte dans les galeries du Brudour observée par le Groupe Spéléologique Valentinois.

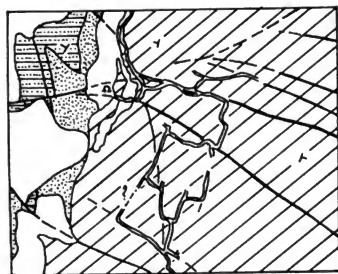
2. Le bassin d'alimentation du Cholet

La résurgence du Cholet est alimentée d'une part par les eaux d'infiltration du Brudour et d'autre part par des circulations souterraines en provenance de la majeure partie de la forêt de Lente.

Les infiltrations du Brudour cheminent le long de la faille de Font-d'Urle qui aboutit au fond de Combe Laval dont le trajet est jalonné par un certain nombre de gouffres (scialet Felix, scialet de la maison forestière etc.), mais, grâce à la disparition progressive de l'assise marneuse intermédiaire, elles s'enfoncent plus profondément et rejoignent le niveau de base principal à la limite du Barrémien inférieur et de l'Urgonien.

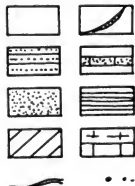
La plus grande partie de l'écoulement souterrain de la région de Font-d'Urle, augmenté par les infiltrations du restant de la forêt de Lente, parvient jusqu'à l'axe synclinal, largement décalé vers l'Ouest par la faille de la Roche du Mas. Cet axe longe le Serre de Pélandré, à l'Ouest de Lente, et il est décalé progressivement vers l'Est par un certain nombre de failles coulissantes. De ce fait, la faille de Font-d'Urle et l'axe synclinal très légèrement oblique par rapport à cette dernière viennent converger au fond de Combe Laval, déterminant la confluence des venues d'eau souterraines et la grosse résurgence du Cholet.

Les seuls chiffres en notre possession concernant le débit normal (?) du Cholet datent de 1891 et donnent 790 l/s. D'après un autre document, le débit d'étiage serait de 50 l/s. Devant des chiffres aussi différents il est impossible de conclure et en particulier d'évaluer la superficie du bassin versant. L'étude de surface indique une surface de 47 km² qui paraît bien vaste pour un débit aussi faible, et qui serait compris entre l'anticlinal Serre de Montué-Serre de Pélandré et



LEGENDE

Carte Coupe



Quaternaire

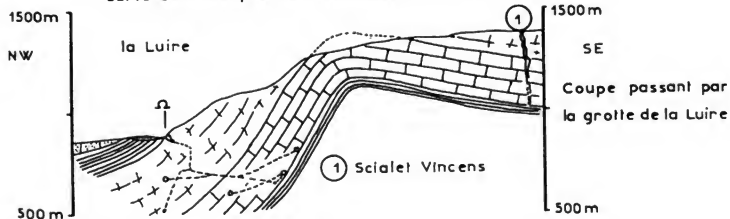
Crétacé supérieur

Crétacé moyen

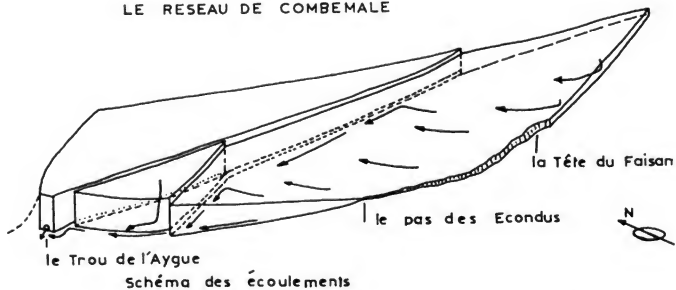
Urgonien { supérieur
inférieur

Tracé des galeries

Carte schématique des environs de la Luire



LE RESEAU DE COMBEMALE



celui du Puy de la Gagère-Montagne de l'Arp. Il ne faut cependant pas exclure la possibilité de communications entre la partie orientale de la forêt de Lente et le plateau de Vassieux structurellement beaucoup plus bas. Le problème du sens d'écoulement des eaux d'infiltration de la vaste Combe de l'Oscence (environ 8 km² de surface) se pose également. Se fait-il vers le Cholet ou vers le Bournillon ? L'examen attentif des conditions de surface permet de penser qu'il n'existe pas de cheminement en direction du Cholet mais plutôt vers le Bournillon. Enfin, la couverture végétale particulièrement dense de cette contrée intervient certainement dans la valeur des débits d'étiage car la rétention de l'eau par le sol doit être plus forte de même que la valeur de l'évapotranspiration.

D. - LE RESEAU DE LA "VERNAISON SOUTERRAINE"

Le réseau de la "Vernaison souterraine" est le plus grand du Vercors méridional. Il s'étend sur une superficie d'environ 265 km² et il débouche aux résurgences de l'Arbois et du Bournillon dans la vallée de la Bourne. Il s'agit d'un complexe de réseaux dont certains sont encore partiellement indépendants mais finissent, indirectement, par se raccorder au tronc commun de la "Vernaison souterraine".

1. Le réseau de Combemale (fig. 2 et 3)

La résurgence du Trou de l'Aygue s'ouvre au fond de la Combemale, au Sud Est du village de Rousset. Elle est à l'origine d'un réseau de galeries s'étendant sur plus de deux kilomètres et la carte de cet ensemble montre une galerie principale alignée exactement le long de la faille de Combemale et une galerie secondaire qui suit un réseau de fractures à peu près perpendiculaire. La grotte du Trou de l'Aygue s'ouvre à la base des calcaires urgoniens de la masse inférieure représentée ici par les calcaires lités, généralement à débris et à joints souvent argileux. Son plancher est formé par les calcaires tendres, très argileux et intercalations schisteuses qui terminent la monotone série du Barrémien inférieur (zone argileuse du Pas des Econdus). Cette assise forme le niveau de base de la région.

Les eaux d'infiltration circulent vers le Nord en suivant les pendages, mais la structure laisse entrevoir un certain nombre d'accidents qui délimitent une zone effondrée dans laquelle les eaux sont prisonnières. Elles ne peuvent échapper que par des galeries qui sulvent les failles, en particulier celle de Combemale qui aboutit à l'extérieur au Trou de l'Aygue.

Le débit d'étiage est de 14 l/s, ce qui représente un bassin d'alimentation de 2 km² environ qu'il faut chercher non pas sur la Montagne de Bure (ou Beurre) comme le pensaient certains auteurs, mais plutôt entre la fontaine de la Plante, le rebord méridional du plateau et la faille de Combemale (fig. 3).

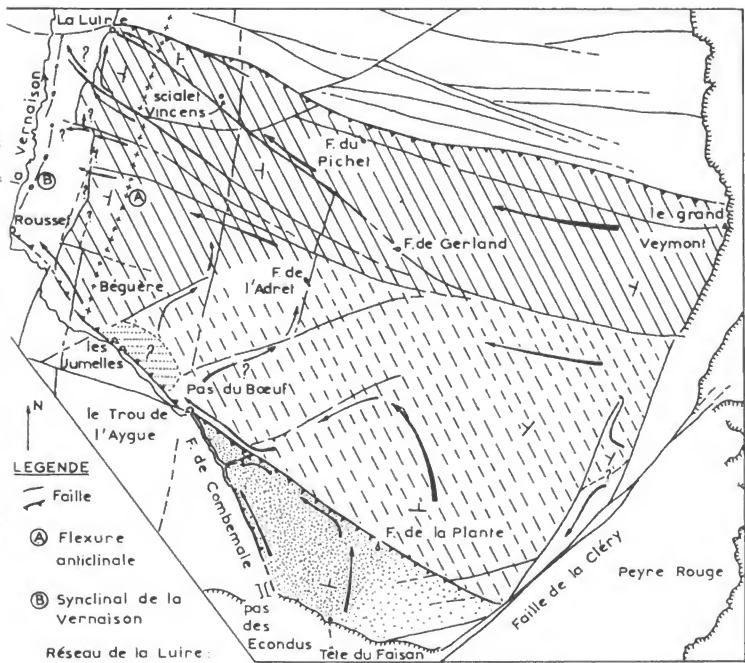
Existe-t-il une relation directe entre le réseau de Combemale et celui de la Luire à travers le plateau de la forêt domaniale ? Une affirmation populaire voulant que "Combemale se tarit lorsque la Luire crève" a excité l'imagination de bien des chercheurs. Malheureusement, personne n'a pu observer le phénomène sur place et il semble bien qu'une liaison directe soit utopique. Géologiquement une liaison serait possible vers le Nord par la faille de la fontaine de l'Adret mais il resterait encore à préciser comment Combemale pourrait tarir pendant une crue de la Luire !.

Le ruisseau de Combemale s'infiltrait avant de parvenir à Rousset.

Une partie de ces infiltrations contribue peut-être à alimenter les résurgences temporaires des Jumelles dont la plus grande partie de l'alimentation provient de la zone Bégubre - Pas du Bœuf. Ce sont des résurgences de trop-plein dont la position géologique à la limite Barrémien inférieur - calcaires à débris s'apparente à celle du Trou de l'Aygue. Une grande partie des débits, la quasi totalité à l'étiage, circule en direction de Rousset et rejoint directement la vallée de la Vernaison grâce à la faille de Combemale.

2. Le réseau de la Luire (fig. 2 et 3)

Cette grotte s'ouvre dans la partie supérieure très redressée des calcaires urgoniens du flanc oriental de la vallée de la Vernaison, dans une région extrêmement broyée où viennent converger deux grandes failles sensiblement est-ouest



LEGENDE

Faille

(A) Flexure anticlinale

(B) Synclinal de la Vernaison

Réseau de la Loire:

Bassin versant probable

Bassin versant de Combemale

Bassin versant possible

Bassin versant possible des Jumelles

Sens probable des écoulements souterrains

0 1 km

et de nombreuses diaclases (peut-être même des failles) de direction nord-sud. Un extraordinaire lacs de galeries dont la longueur totale dépasse 9 kilomètres a pu se développer grâce aux pendages extrêmement forts (l'eau a pu facilement élargir les joints) et aux fractures multiples.

Le Groupe Spéléologique Valentinois qui a découvert la rivière souterraine, a évalué son débit à 200 l/s, ce qui équivaut à un bassin versant de 20 à 30 km² qu'il faut rechercher sur le plateau de la forêt domaniale. (Cette mesure doit être manipulée avec précaution car elle correspond certainement à un débit d'étiage ou même moins puisque les galeries ne sont pas accessibles autrement, mais elle est unique). Ces deux valeurs nous permettent de reconstituer sur la carte deux bassins d'alimentation, l'un représentant l'hypothèse minimale (bassin versant probable) et l'autre l'hypothèse maximale (bassin versant possible). Seul le bassin versant probable doit représenter le réseau de la Luire primitive, avant que la communication avec le fond du synclinal de la Vernaion soit établie et rende inutile la grotte et les galeries de la Luire, sauf pendant les plus fortes crues.

Sur le plateau de la forêt domaniale, les circulations souterraines ne sont pas gênées par les cassures, les pendages étant grossièrement perpendiculaires au réseau des failles principales, et, au contraire, elles facilitent l'écoulement en jouant le rôle de drains naturels. Arrivées au niveau de la Vernaion, les galeries se sont formées à la faveur de cassures nord-sud et peu à peu, par des conduits vraisemblablement plus récents. L'eau arrive au fond du synclinal d'où elle ne ressortira plus qu'aux sources d'Arbois. Actuellement la grotte de la Luire ne fonctionne plus que comme la cheminée d'équilibre d'un vaste réseau souterrain. Les crues sont extrêmement brutales et la mise en charge atteint 300 mètres, mais les "crevées" sont rares et dévastatrices (celle de 1902 fut tellement soudaine que plusieurs volatiles furent entrainés par les flois ; celle du 11 Novembre 1935 fut comparée à un séisme et les grondements furent perçus à plus de huit kilomètres de distance).

3. Le réseau l'Aduin-les Déramats aux environs du village de Tourtes

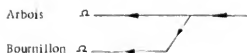
L'Aduin est une résurgence pérenne alors que la grotte des Déramats est sèche à de rares exceptions près. La plupart des auteurs s'accordent jusqu'à présent pour penser qu'elles font partie d'un même réseau qui s'étend en particulier sur la partie sud de la dépression d'Herbouilly en relation avec le Cour Fumant. Dans cette optique, la grotte des Déramats constitue un déversoir de crue pour les sources de l'Aduin. Il est difficile de scinder ce réseau en deux uniquement par des arguments de surface, mais il nous semble que la grotte des Déramats est le déversoir de crue d'un réseau qui s'étend sur la partie sud d'Herbouilly et qui rejoint directement le synclinal de la Vernaion en longeant la faille de Carette, alors que les sources de l'Aduin doivent drainer une zone en direction de Roybon et la Coichette, au Sud de ce grand accident.

4. Le problème des Sources d'Arbois et du Bournillon (fig. 4 et 5)

Ces deux résurgences dont seule celle de l'Arbois est pérenne sortent à la base de l'Urgomen de la vallée de la Bourne au Sud Ouest de la Balne de Rencurel. A. BOURGIN a particulièrement étudié ce réseau et il a pu mettre en évidence que le Bournillon est une résurgence de trop-plein de l'Arbois grâce à des mesures de débits échelonnées sur de longues années.

Les sources d'Arbois ont un débit d'étiage de 1,7 m³/s et un débit maximum dépassant 35 m³ s⁻¹. Le Bournillon, à sec plusieurs mois de l'année, a un débit de crue pouvant atteindre 80 m³ s⁻¹.

Pour expliquer ce complexe, deux hypothèses ont été émises :



Hypothèse A. BOURGIN



Hypothèse du Groupe Spéléologique Valentinois

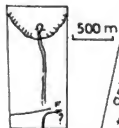
- Pour A. BOURGIN, il n'existe qu'un seul réseau souterrain et le Bournillon n'est qu'un trop-plein de crue.
- Pour le Groupe Spéléologique Valentinois, il existe deux réseaux distincts et une capture récente du réseau du Bournillon par celui de l'Arbois. Cette dernière hypothèse paraît bien s'accorder avec les résultats de la géologie de surface.

LE RESEAU ARBOIS-BOURNILLON

FIG. 4

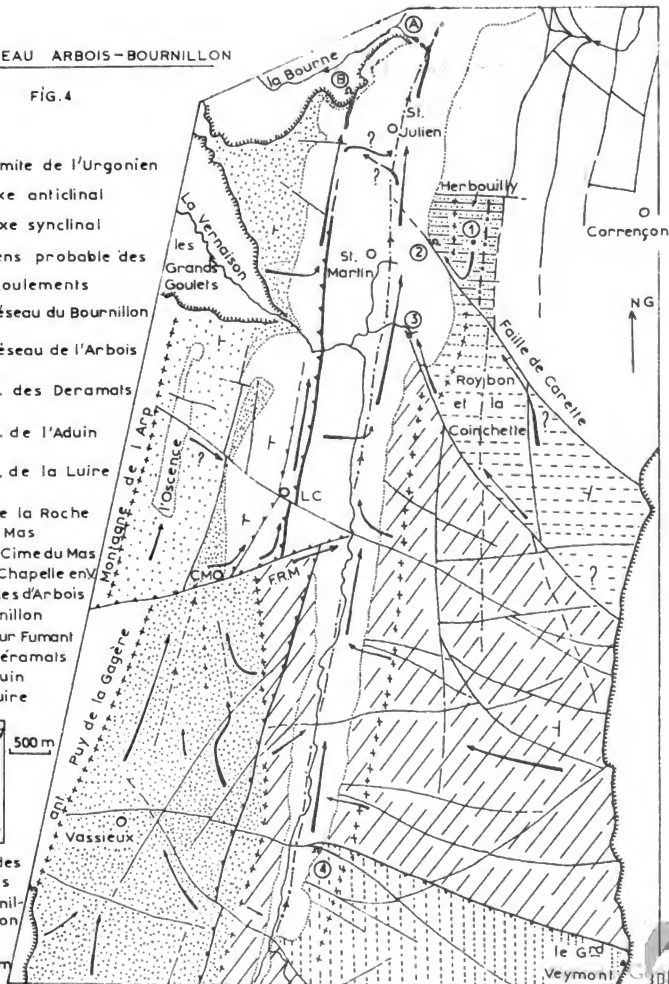
- Limite de l'Urgonien
- +++ Axe anticlinal
- - - Axe synclinal
- Sens probable des écoulements
- ▨ Réseau du Bournillon
- ▧ Réseau de l'Arbois
- ▩ R. des Dérarmals
- R. de l'Aduin
- R. de la Luire

- FRM F. de la Roche du Mas
- CM La Cime du Mas
- LC La Chapelle en V
- Ⓐ Sources d'Arbois
- Ⓑ Bournillon
- ① Le Gour Fumant
- ② Les Dérarmals
- ③ L'Aduin
- ④ La Luire

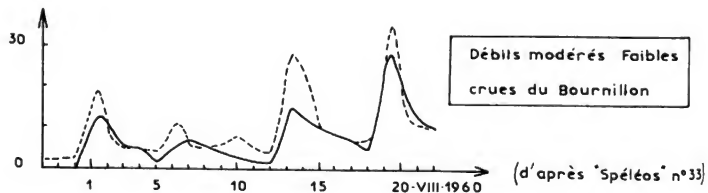
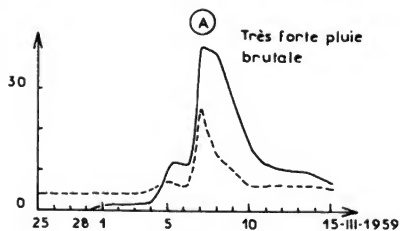
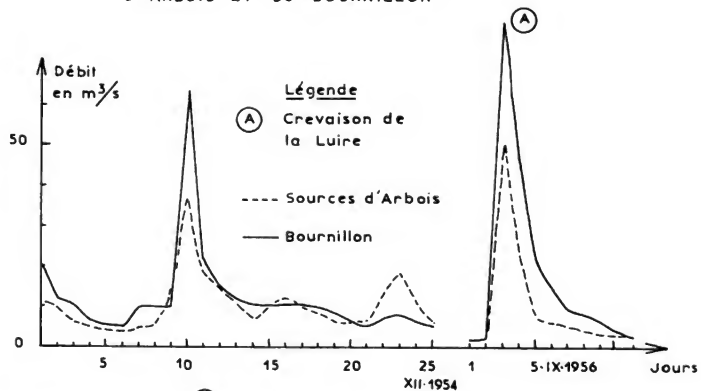


Tracé des galeries du Bournillon

0 1 km

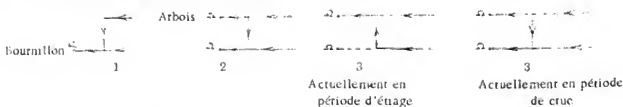


D'ARBOIS ET DU BOURNILLON



Essayons en effet de reconstituer par la pensée le cheminement des eaux souterraines et la formation de ces deux réseaux. Celles du plateau de la forêt domaniale et de la vallée de la Vernaison finissent par arriver à l'axe synclinal d'où elles s'écoulent vers le Nord car cet axe plonge légèrement jusqu'à la vallée de la Bourne qu'il recoupe non loin des sources d'Arbois. Par contre, les eaux d'infiltration du plateau de Vassieux convergent vers le Goulou de la Cime du Mas. Les pentages du plateau de la Chapelle-en-Vercors étant dirigés vers l'Est, le cheminement se fait ensuite le long de la faille de la Roche du Mas, mais l'eau ne tarde pas à buter contre la faille méridienne de la Chapelle-en-Vercors qui relève son compartiment est. A partir de là, le trajet devient Nord-Sud jusqu'au Bournillon car, bien que la faille de la Chapelle-en-Vercors s'amortisse complètement à la hauteur de Saint-Martin-en-Vercors, de nombreuses diaclases doivent la prolonger et orienter le creusement des galeries (le plan de la grotte indique que ces dernières sont exactement orientées dans cette direction).

Depuis les travaux de A. BOURGIN, la liaison entre les deux réseaux est établie par l'étude des débits, mais elle n'est pas connue matériellement. Elle se fait certainement au Sud Ouest de Saint-Julien-en-Vercors où existe une petite faille est-ouest et de nombreuses diaclases dans le prolongement de la faille de Carrette. Rien n'indique d'ailleurs que ces liaisons ne puissent être multiples. Pour expliquer la "capture" souterraine du réseau du Bournillon par celui de l'Arbois, il est nécessaire d'en reconstituer l'évolution.



A l'origine, l'érosion n'avait pas entaillé la vallée de la Bourne aussi profondément que de nos jours et les eaux bloquées au fond du synclinal ont dû se frayer un chemin le long du flanc ouest et rejoindre le réseau du Bournillon, parce que cette grotte est bien à l'aval des sources d'Arbois. Dans une deuxième étape, les eaux ont pu dissoudre les calcaires et former de nouvelles galeries aboutissant aux sources d'Arbois, car l'érosion régressive de la Bourne avait mis à jour entre temps le contact Urgonien - Hauterivien beaucoup plus près de l'axe synclinal. Le cirque du Bournillon, profondément enfoncé dans la falaise pourrait s'expliquer par son ancienneté.

Dans la phase actuelle, les galeries aboutissant aux sources d'Arbois ne doivent pas être aussi développées que celles de la liaison Arbois-Bournillon. En effet, si les débits d'étiage du Bournillon sont entièrement déjournés au profit des sources d'Arbois, les débits de crue des deux résurgences sont inversement proportionnels à la superficie des deux bassins versants très inégaux. A cet effet, la lecture des courbes de débit est très instructive. Si la crue est relativement faible, les eaux du réseau de l'Arbois engorgent les galeries de liaison et le Bournillon devient actif. Les débits des deux résurgences sont alors comparables à la valeur respective de leur bassin versant. Lorsque la crue est très forte, les galeries d'Arbois peuvent absorber un certain débit au-delà duquel la crue ne peut plus progresser et le supplément remonte le long de la liaison Arbois-Bournillon, conflue avec les eaux du réseau du Bournillon et ressort au Bournillon dont le débit peut atteindre $80 \text{ m}^3/\text{s}$.

En conclusion, et en l'absence d'explorations souterraines qui ne semblent pas devoir progresser beaucoup ces prochaines années, nous pouvons admettre l'existence de deux réseaux souterrains s'étendant sur près de 25 kilomètres de longueur, mais de superficie très différente.

5. Le problème des résurgences sortant du Crétacé supérieur

Dans le synclinal de la Vernaison existe un certain nombre de résurgences sortant du Crétacé supérieur : source du Buyèche ($17,5 \text{ l/s}$), du carrefour des routes de Tourtre et de Saint-Martin (8 l/s) et des Gours Ferrants (24 l/s). Ces émergences importantes sont assez rapprochées et leur débit ne s'apparente pas du tout au débit des autres sources locales qui ne dépassent pas 2 l/s . Pour expliquer ce phénomène il faut très certainement invoquer des relations avec le réseau de la Vernaison souterraine à la faveur d'un réseau karstique crétacé supérieur calqué sur celui de l'Urgonien. Nous ignorons quelles sont les causes de cette série de résurgences, mais il est certain que la résolution de ce problème contribuera à la connaissance de la géologie profonde de cette région.

E. - LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE FOSSILE DE SURFACE (fig. 6)

Entre le plateau de Vassieux et les Grands Goulets peuvent s'observer les traces d'une ancienne rivière complètement disparue de nos jours. Il s'agit vraisemblablement d'un cours d'eau s'échappant du glacier de Vassieux au moment de son retrait. Partant du col de Proncel, et recevant quelques affluents, son lit peut être suivi jusqu'à la Cirme du Mas où il aboutit dans une plaine alluviale correspondant sans doute à un lac dû au surcreusement glaciaire dans les assises tendres du Crétacé moyen. A l'extrémité nord de ce lac, la rivière s'échappait par un cañon qui suit la route nationale jusqu'aux Grands Goulets.

F. - CONCLUSION

Les quelques précisions apportées par ce mémoire à l'ensemble déjà considérable des connaissances hydrologiques du Vercors méridional permettent d'expliquer la plupart des résurgences de cette contrée et de délimiter les bassins d'alimentation probables, mais un certain nombre de difficultés restent à résoudre.

Le tableau ci-dessous met en évidence l'impossibilité matérielle de tracer la limite exacte des bassins du Bournillon et du Cholet à cause de l'absence de renseignements précis concernant les débits. Il conviendrait par la suite de jauger exactement et conjointement les résurgences de la partie nord du plateau (Cholet, Arbois et Bournillon) pendant une assez longue période. La comparaison et l'examen des courbes de débit remplaceront des chiffres théoriques et sans signification (débit moyen d'étiage par seconde et par kilomètre carré, par exemple) par des valeurs sûres et significatives qui permettront de délimiter de manière précise les différents bassins versants.

Enfin, la coalescence de différents réseaux en un tronc commun ("Vernalson souterraine") est récente et il serait très intéressant de reconstituer les différents niveaux fossiles avec les émergences correspondantes, ce qui conduira à la connaissance des niveaux de base successifs, intéressants pour la détermination d'une partie de l'histoire géologique du massif.

Différents bassins	Réseau Brudour - Cholet		Réseau du Bournillon - Arbois		
	Brudour	Cholet	l'oscence (1)	Bournillon	Arbois
Superficie totale	4 km ²	47 km ²	9 km ²	74,5 km ²	188 km ²
Surface de l'Urgonien	4 km ²	47 km ²	9 km ² (2)	62 km ²	139 km ²
Débit calculé pour 7 l/s/km ²	21 l/s	?	63 l/s	434 l/s	973 l/s
Débit calculé total		?		1470 l/s	
Débit réel	5-10 l/s (3)	50 l/s (4) ou 790 l/s??		1720 l/s	

(1) Nous avons vu que le bassin de l'oscence pouvait certainement être rattaché au Bournillon

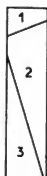
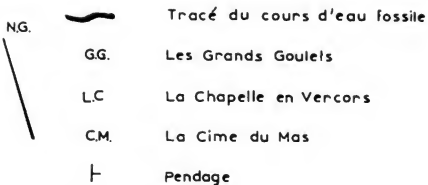
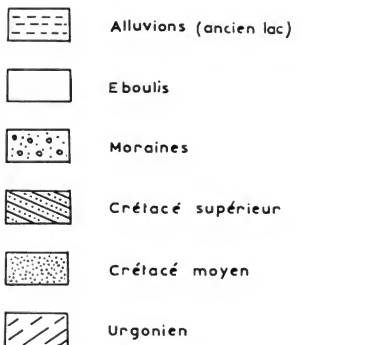
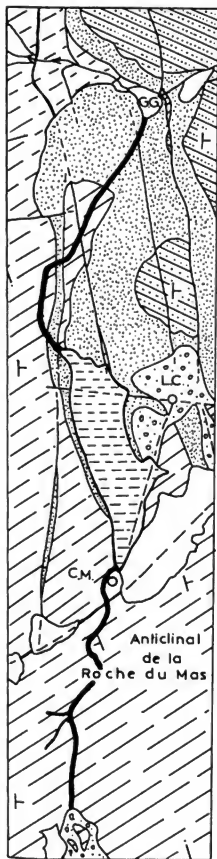
(2) Le Crétacé moyen de la Combe de l'oscence n'est pas séparé de ce total, cette dépression n'ayant pas d'émissaire aérien.

(3) Le débit calculé ne peut pas correspondre au débit réel à cause des pertes probables.

(4) Aucune relation n'est possible entre le débit calculé pour 7 l/s/km² et le débit réel.

LA RIVIÈRE FOSSILE ENTRE LE PLATEAU
DE VASSIEUX ET LES GRANDS GOULETS

FIG.6



Localisation du schéma

- 1: Feuille XXXII-35
- 2: Feuille XXXII-36
- 3: Feuille XXXI-36

0 1km

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- ALLIX (A.), 1914. - La morphologie glaciaire en Vercors. Grenoble. Allier 182 p.
- BOISSIERE (G.), 1936. - Le Vercors. Bulletin de la société spéléologique de France. n° 7, 1936.
- BOURGIN (A.), 1936. - Le Gour Fumant d'Herbouilly. C.R. des travaux du groupe spéléo. du Club Alpin français, 1935-1936.
- " 1941. - La Bourne et ses affluents souterrains. Rev. Géog. alpine, t. XXIX, fasc. 1, pp. 38-89
- " 1942. - Le Dauphiné souterrain. Arthaud. 82 pp.
- " 1946. - La Luire et la Vernaison souterraine. Plateau du Vercors (Drôme et Isère). Ann. de Spéléo. Spelunca, t. 1, 3e série.
- CORBEL (J.), 1956. - Le karst du Vercors. Rev. géog. de Lyon. Vol. XXXI.
- DECOMBAZ (M.), 1898. - Grottes de la vallée de la Bourne et du Vercors. Mém. de la société de spéléo., t. III, n° 13.
- " 1902. - Recherches spéléologiques dans le Vercors. Bull. et mém. de la société de spéléo. Spelunca.
- GACHE (R.), 1936. - Explorations de la grotte de la Luire. C.R. trav. du groupe spéléo. du Club Alpin français, Année 1935-1936.
- GARNIER (J.J.) et POMMIER (C.), 1955. - Explorations au Vercors. Ann. de Spéléo. Spelunca. t. X, fasc. 1.
- GIGNOUX (M.), 1936. - Rapport inédit sur les conditions géologiques des sources de Combemale destinées à l'alimentation en eau potable de la commune de la Chapelle-en-Vercors.
- GUERIN (H.P.), 1938. - Explorations du Spéléo-Club alpin français au cours de l'année 1937. Bull. de la société spéléo. de France.
- MARTEL (E.A.), 1896. - Les abîmes du Dauphiné. Annuaire de la société des touristes du Dauphiné. t. XXII. p. 133-192.
- " 1900. - Cavernes de la Grande Chartreuse et du Vercors. Bull. de la Société de géog., p. 51-56.
- " 1903. - Sur l'emploi de la fluorescéine en hydrogéologie. Bull. Soc. Belge de Géologie, t. XVII, p. 342-414.
- " 1930. - La France ignorée. Delagrave. Paris.
- SARROT-REYNAULD (J.), 1962. - Hydrogéologie karstique dans le massif du Vercors. Mém. du Congrès international de géologie d'Athènes.
- " " 1964. - Note inédite sur une étude hydrogéologique de la région de Font-d'Urle et de la résurgence du Brudour.
- VINCENS (P. et F.), 1956. - Contribution à l'inventaire des cavités du Vercors. Ann. de spéléo. Spelunca. 3e série. t. XI, fasc. 1.
- " 1957. - Contribution à l'inventaire des cavités du Vercors. Ann. de spéléo. Spelunca. 3e série. t. XII, fasc. 1-4.

Reuves et autres documents consultés :

Spéléos. Revue du Groupe Spéléologique Valentinois.

Inventaire des ressources en eaux superficielles et souterraines édité par la direction départementale de l'agriculture de l'Isère.

Cartes géologiques à 1/50 000 : Vif, la Chapelle-en-Vercors et Charpey.

Intervention de Monsieur J.J. GARNIER (au sujet de la communication de Monsieur ARNAUD)

Monsieur J.J. GARNIER fait remarquer que le siphon d'Arbois doit être indépendant des sources d'Arbois et du Bournillon. On y descend, en effet, plus bas que le niveau des sources.

Intervention de Monsieur LAURENT - Clan des Tritons.

Relation entre la grotte du Brudour et la résurgence du Cholet.

Le clan spéléologique des Tritons a franchi le siphon et a pu constater qu'une continuation est possible. Pour reprendre l'exploration nous attendons d'avoir des moyens corrects.

Les scialets se trouvant sur le parcours présumé ont été visités sans résultats et la falaise de Combe Laval a été explorée toujours sans résultats.

Intervention de Monsieur Maurice PARDE

Monsieur Maurice PARDE demande au conférencier si les sources des Goules sont en rapport avec les réseaux souterrains qui aboutissent à la source d'Arbois et à la grotte du Bournillon.

Le conférencier n'a pas spécialement étudié le problème. Monsieur SARROT estime que cette communication n'existe pas ou est très douteuse. Et, sur ce problème, il renvoie les auditeurs à un article toujours valable du regretté Monsieur BOURGIN.

Intervention de Monsieur PENELON

Des colorations naturelles de boue se sont produites (durant 1 mois). On peut supposer qu'un énorme effondrement s'est produit dans le réseau, et ce, en amont de la "bifurcation" Bournillon - Arbois, puisque les deux résurgences ont été colorées.

- Siphon d'Arbois

Une autre observation semble infirmer la première.

Tous les sommets et le plateau sont enneigés. Il gèle au-dessus de 1 000 m, mais la fonte des neiges est suffisante pour "amorcer" Bournillon et le siphon d'Arbois. Les sources d'Arbois, elles, restent d'une limpidité parfaite ?

- Suggestion

Etude des lichens qui tapissent le lit du Bournillon et ceux qui se sont établis dans le canal de fuite Basse Chute de la centrale qui est devenue (depuis 1905) l'exutoire technique des sources d'Arbois. Ces lichens offrent une analogie frappante ainsi que ceux qui poussent à la surverse de la source de Vejoin (captée par la commune de Chatelus) et qui avait été aussi troublée lors de l'éboulement.

CONTRIBUTION A L'HYDROLOGIE DU VERSANT OUEST
DU MASSIF DU VERCORS

par M. BADEL

Le versant ouest du massif du Vercors correspond en gros au canton de La Chapelle-en-Vercors, soit aux communes de Saint-Julien-en-Vercors, Saint-Martin-en-Vercors, La Chapelle-en-Vercors, Saint-Agnan-en-Vercors et Vassieux-en-Vercors.

Depuis longtemps le laboratoire départemental de la Drôme contrôle les eaux d'alimentation de ces communes. Les résultats des analyses provenant d'une vingtaine de points de prélèvements différents permettent de donner quelques indications générales sur la composition des eaux de cette région.

Dans l'ensemble, on peut noter :

au point de vue physique :

Les eaux sont limpides, incolores, leur résistivité correspond à une minéralisation peu accentuée.
Le pH est voisin de 7,5.

au point de vue chimique :

- la teneur en matières organiques, exprimée en oxygène cédé en milieu alcalin est faible (en moyenne 0,3mg/L)
- la dureté totale est comprise entre 16° et 25°.
- le titre alcalimétrique complet est aussi compris entre 16° et 25°.
- la teneur en ammoniaque et nitrates est toujours extrêmement faible, la présence de nitrites exceptionnelle.
- la teneur en chlorures (en moyenne 15 mg/L Cl) et surtout en sulfates (en moyenne 12 mg/L SO₄) est remarquablement constante.

au point de vue bactériologique :

La pollution microbienne déterminée par la recherche d'*Escherichia coli*, des Coliformes et de *Clostridium perfringens* est faible pour un massif karstique, la proportion d'analyses révélant la présence de germes tests de contamination fécale est minime.

GOUFFRE CHASSILLAN



J. L. BARBIER - Spéléo-Club du Vercors

Situation

Découvert durant l'été 1967, ce gouffre s'ouvre au flanc d'une petite combe : la "combe de la Sive", à 1540 m d'altitude. Toute cette zone grossièrement située à l'Ouest du "Grand Veymont", est caractérisée par l'omniprésence des calcaires "Urgoniens", exactement, et d'après la carte géologique au 1/50 000 Teuille de La Chapelle-en-Vercors : n 5 - 4 v (Barrémien supérieur et Aptien inférieur). Le fait important est que nous nous trouvons là dans une zone clef, le Barrémien supérieur prenant peu à peu le faciès calcaire à débris. L'Aptien tendant à disparaître par érosion.

Description

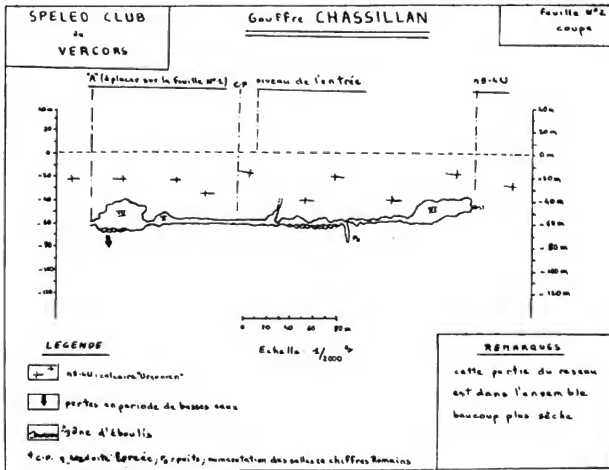
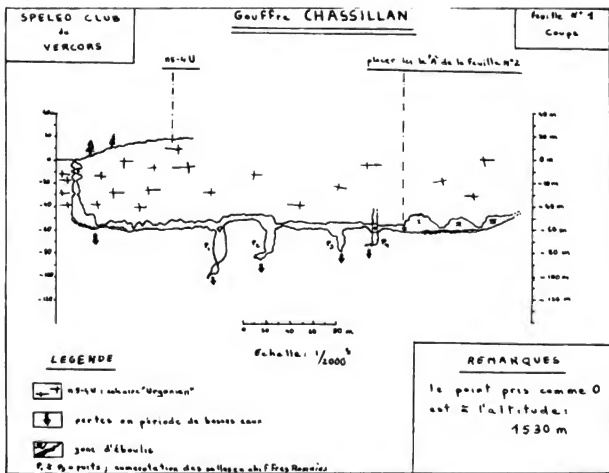
Le puits d'entrée de ce gouffre se trouve au fond d'une fissure de lapiaz, et au départ n'a qu'une quarantaine de centimètres de diamètre. L'aspect de ce puits est particulier car il consiste en la succession de quatre petites salles, au centre desquelles se trouve un trou de deux à trois mètres de diamètre ; une strate ou deux sur lesquelles se sont accumulés des éboulis séparent les petites salles. Ce puits nous conduit jusqu'à une profondeur de cinquante cinq mètres, la plus grande verticale étant de vingt mètres ; mais il n'a visiblement aucun rapport avec le reste du réseau que nous décrirons plus loin. Dans ce puits d'effondrement, postérieur au reste du réseau, on note une légère circulation d'eau dans les vingt derniers mètres ; cette eau se perdant ensuite entre les blocs de l'éboulis, constituant la base du puits, dans une direction grossièrement ouest.

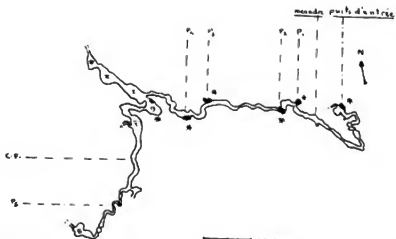
Après avoir rampé quelques mètres dans un étroit laminoir, on arrive dans un méandre, de 1 mètre de largeur et 6 à 8 mètres de hauteur, dont le plancher est constitué par une accumulation de blocs. On chemine ensuite dans un méandre aux dimensions plus importantes dont le plancher est alors constitué par des sables à grain fin.

Après une centaine de mètres de cette progression, nous nous trouvons devant ce qui apparaît comme un cul de sac. Deux solutions se présentent ; en rampant quelques mètres dans une étroiture on arrive à la tête d'un puits (P1) d'une quarantaine de mètres de verticale, dont les parois sont argileuses du haut en bas, où l'écoulement est relativement important en période de fortes pluies. Aucune continuation n'est possible, tout le fond de ce puits étant colmaté par de l'argile rougeâtre. La deuxième solution permet de poursuivre plus avant ; une galerie, de section grossièrement carrée, s'ouvrant légèrement au-dessus du niveau normal du méandre, permet d'atteindre un autre puits (P2) de vingt cinq mètres de verticale ; là encore deux solutions se présentent : en descendant dans ce puits, qui est rocheux, on arrive à une petite salle en forme d'entonnoir, où l'eau ruisselant le long des parois, percole dans des marnes, que celui qui a exploré cette zone a signalé comme étant vertes, donc vraisemblablement glauconieuses. Là encore, aucune continuation possible n'a pu être découverte. Le réseau se poursuit, et c'est là, la deuxième solution, par un méandre étroit dans lequel nous pénétrons après être descendus de deux mètres environ dans le puits P2. Ce méandre nous amène jusqu'à un puits (P3) très marneux (argiles rougeâtres), humide, et sans continuations. Après être passé au-dessus de ce puits, nous rampons dans une galerie basse nous amenant jusqu'à un puits (P4), très particulier, puisqu'il s'ouvre par une véritable fenêtre dans la paroi de la galerie. Huit mètres plus bas, une "laisse d'eau" s'écoule dans un méandre im-pénétrable.




Lorsqu'on continue dans la galerie principale, qui devient très concrétionnée, sèche en période normale, mais inondée en période de fortes pluies, on arrive à un ensemble de salles. Les salles I, II, III et IV sont dans le même alignement nord ouest - sud est. Dans la salle III, on constate la présence d'une cheminée très glissante dont l'escalade n'a pas encore été effectuée. Certaines de ces salles sont importantes puisqu'on évalue leur hauteur à vingt cinq ou parfois trente mètres.

La salle IV est importante en elle-même, car le sol est pavé de blocs englués dans une marnes rougeâtre et en période de fortes pluies, c'est là que se tient sans doute la zone de pertes la plus importante. Par une petite galerie, on





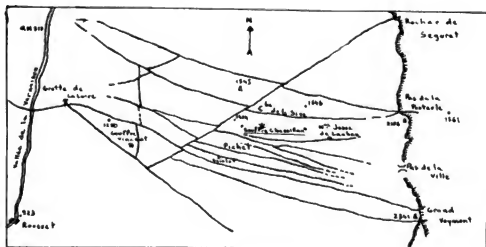
LEGENDE

-  puits (numérotés de P. 1 à P. 5)
-  30e de pertes en périodes de basses eaux
-  C.P. conduite forcée

REMARQUES

en chiffres Romains,
numérotation des salles

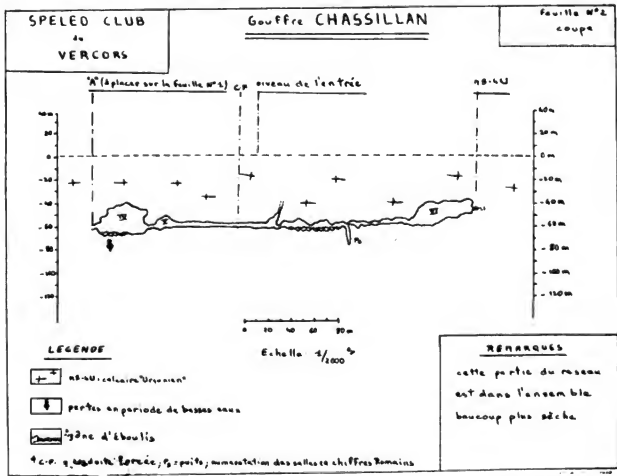
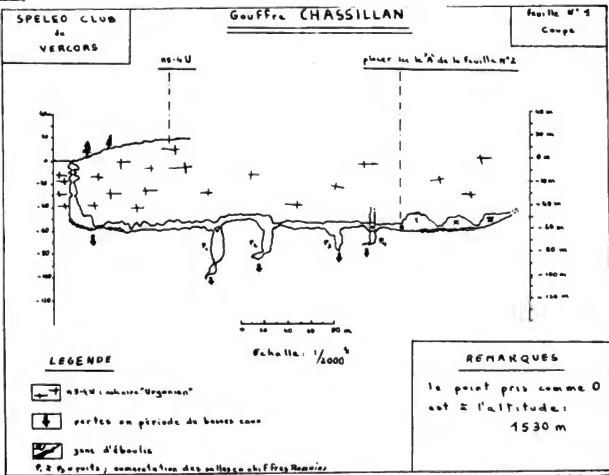
X = 249,600
Y = 282,800
Z = 1580 m

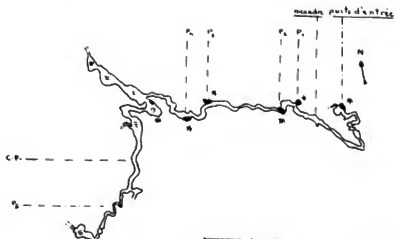


Echelle 1/50000

Relativé d'après le carte géologique détaillée de la France

Fauille La Chapelle en Vercors





LEGENDE

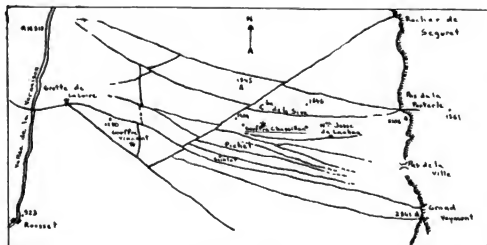
- puits (numérotés de P₁ à P₆)
- zone de pertes en périodes de basses eaux
- C.P. conduite forcée

Echelle 1/2000

REMARQUES

En chiffres Romains,
numérotation des salles

X = 245,600
Y = 252,300
Z = 1580 m



Echelle 1/5000

Relaté d'après la carte géologique détaillée de la France

Fauille La Chapelle en Vercors

atteint la salle V, donnant accès à une conduite forcée de quatre vingt mètres de longueur, à section caténaire. Le sol est, là encore, constitué par des blocs, mais ce qui est important c'est qu'à partir de cet endroit et même pendant de fortes pluies, le réseau reste sec. Au bout de la conduite forcée, se trouve une petite salle, avec une galerie minée encore inexplorée. Un méandre s'ouvre vers l'Ouest, bifurque, et au bout de quelques mètres est coupé à droit par un puits en diachase de huit mètres de verticale, dont le fond, sableux, n'offre aucune possibilité de circulation. Le méandre, lui, se poursuit et donne accès à une salle (VI) qui met un terme à notre exploration à l'heure actuelle. Cette salle est orientée Nord Ouest - Sud Est ; une petite galerie qui en part, trop étroite pour être explorée, reste cependant intéressante, car elle se dirige vers le Nord Ouest.

Conclusions

Par sa morphologie ce gouffre témoigne d'une circulation passée très intense, et à l'heure actuelle il semble pouvoir être divisé en deux parties :

- une première, du puits d'entrée à la série des salles, zone plus ou moins active suivant les périodes.
- une deuxième, des salles jusqu'au terme des explorations actuelles, zone beaucoup plus sèche.

Cela est d'autant plus facile que ces deux parties ont une orientation différente.

Si l'on considère l'état actuel de ce gouffre on peut arriver à deux conclusions :

- soit la partie que nous connaissons a été abandonnée par le cours d'eau souterrain qui existe toujours, mais tend à découvrir, et cela peut être intéressant, car nous nous trouvons là dans une zone très fracturée, avec failles de direction générale est-ouest. Le plateau du "Veymont" faisant, sans doute, partie de la zone d'alimentation de la grotte de la Luire, un espoir de liaison est possible. On peut noter au passage que la présence des failles a une grande importance, tant sur le plan de la direction générale du réseau que sur l'aspect de certaines galeries. Près de l'entrée du gouffre en effet, on note une suite de petites salles allongées est-ouest, dans lesquelles on pénètre en rampant, qui sont perpendiculaires à la direction générale du réseau à cet endroit ;
- soit le réseau est totalement fossile, la rivière l'ayant creusé ayant disparue, pour une cause inconnue, les galeries s'étant peu à peu colmatées. Cela est d'autant plus vraisemblable que certains puits (P4 par exemple) semblent accidentellement recoupé le vieux réseau de galeries. La circulation actuelle (essentiellement des infiltrations locales) ne se faisant là que sur une faible longueur. Tout cela n'étant bien sûr que des hypothèses gratuites, nos connaissances sur ce gouffre ne nous permettant pas de choisir l'une ou l'autre actuellement.

Une troisième chose peut intéresser directement l'hydrogéologue, c'est l'explication de ce réseau horizontal, situé à une si faible profondeur. La plupart des gouffres connus dans cette zone se présentent comme une succession de puits emmenant le spéléologue à une assez grande profondeur. Pour le spéléologue l'explication est délicate, nous avons réellement l'impression de buter sur une couche, et la possibilité d'une intercalation marneuse peut être envisagée, d'autant que nous nous trouvons dans une zone importante de variation de faciès des calcaires barrémiens. Cela reste, là encore, une hypothèse gratuite, mais l'étude de ce gouffre pourrait être intéressante.

On peut dire, pour terminer, que même si ce gouffre ne présente pas, à l'heure actuelle un réseau actif très important, son étude est intéressante, d'abord pour une datation de sa période de creusement ; sur ce point une analyse de sables prélevés dans diverses galeries est en cours, les résultats ne nous étant pas, pour l'instant, parvenus ; ensuite et par voie de conséquence on aurait des renseignements sur la circulation souterraine à cette époque. Tout cela apportant des éclaircissements sur la circulation souterraine, dans cette partie sud du Vercors, relativement peu connue et sans doute très complexe.

ETUDE DU TRANSFERT PRECIPITATIONS-DEBITS D'UN RESEAU KARSTIQUE PREMIERS ELEMENTS RECUEILLIS A LA STATION DES CUVES DE SASSENAGE

par R. BARTALA, J.P. BOMBARD, J. DUBUS, C. DURAFFOUR.

I. - INTRODUCTION

Dans le cadre des études poursuivies par la Direction Départementale de l'Agriculture en vue de dresser l'inventaire des ressources en eau, tant superficielles que souterraines, les écoulements d'origine karstique ne pouvaient être ignorés et réclamaient la mise en œuvre de moyens d'observation spécifiques. La méthode du bassin représentatif semblait bien appropriée.

C'est pourquoi ont été équipés, depuis près de deux ans, la résurgence de la Fontaine Noire dans le massif de Charreuse, et plus récemment, l'émissaire des Caves de Sassenage dans le massif du Vercors et celui de la Grotte des Balines au pied de la falaise nord ouest de l'Île Crémieu.

Le bassin d'alimentation des Caves de Sassenage, non encore délimité avec précision, a cependant fait l'objet d'études dont nous mentionnerons celle de Monsieur BOURGIN, qui proposait pour limite, l'affleurement du "Gault" (pl. 1). Ainsi, se trouve individualisé un secteur d'environ 22 km², dont les exutoires sont, d'une part, le torrent du Furon (écoulement superficiel), d'autre part son affluent, le Germe, issu du réseau karstique des Caves de Sassenage.

Il est bien évident qu'un objectif à atteindre à plus ou moins longue échéance, sera l'identification précise de ce bassin d'alimentation. Les reconnaissances spéléologiques devraient être précieuses à cet égard, et être l'occasion, pour aboutir, d'une collaboration étroite entre sportifs et scientifiques.

La station mise en place sur le Germe intéresse la plus grosse partie de l'écoulement d'origine karstique. Il n'est pas prouvé qu'elle intéresse sa totalité. C'est pourquoi nous poursuivons des essais de coloration par la méthode au bichromate de sodium, dans le but de lever cette indétermination.

II. - LA STATION DE JAUGEAGE

Son emplacement a été fixé, compte tenu d'impératifs touristiques (préservation du site classé), ainsi que par la nécessité de se trouver suffisamment en amont du confluent du Furon, pour éviter des effets de remous. De ce fait, la section retenue n'offre pas toute régularité souhaitable. Elle présente cependant l'avantage de fournir une relation univoque entre hauteurs d'eau et débits, ainsi que l'a montré l'établissement de la courbe de tarage.

La station proprement dite, de type standard dans la région Rhône-Alpes, est constituée à partir d'éléments préfabriqués en tôle galvanisée. Elle a été encastrée au moyen de pit, dans un bloc calcaire situé en bordure du torrent, et au pied duquel un surcreusement assure la pérennité de l'eau dans le puits de mesure, même en étiage.

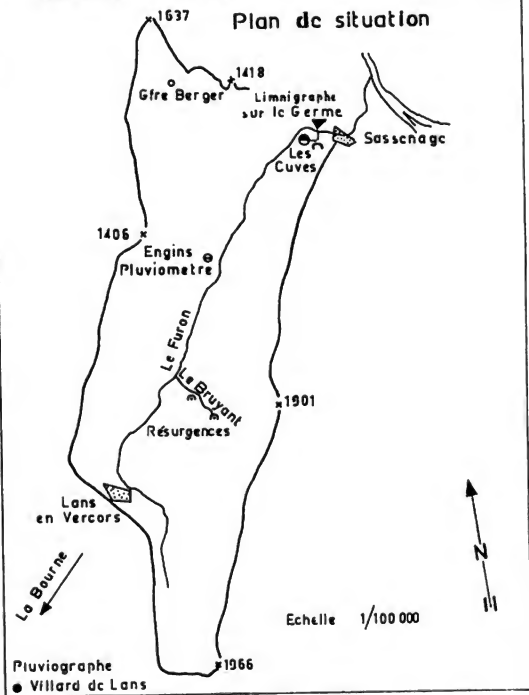
III. - LA COURBE DE TARAGE

Les mesures de débit effectuées à ce jour ont été réalisées, non pas au droit de la station où la section était particulièrement irrégulière, mais dans le lit du Furon, en amont et en aval du confluent. Le débit du Germe en est

BASSIN VERSANT DU FURON

①

Plan de situation



Pluviographe
● Villard de Lans

déduit par différence. Des vérifications par jaugeages du Germe lui-même, à la passerelle sise 30 m en amont de la station, et à l'intérieur des Cuves, confirment ces mesures.

Il n'a pas été, jusqu'alors, effectué de jaugeages chimiques, en l'absence d'équipement appropriés, bien que cette méthode semblerait parfaitement convenir.

Par contre, nous avons utilisé le moulinet Arkansas à hélice auto-composante monté sur perche HERES pour les crues, le micro-moulinet OTT - CI pour les étiages, le radier très régulier formé pour les dalles calcaires de l'entrée des Cuves offrant un profil idéal.

Sept jaugeages échelonnés entre 110 l/s et 3 500 l/s sont à l'origine de l'ébauche de la courbe présentée (pl. 2). Celle-ci a été reportée sur diagramme semi-logarithmique et bi-logarithmique, afin de permettre les extrapolations vers les hauteurs maximales enregistrées, et fournir les éléments du tableau des correspondances hauteurs-débits.

IV. - ENREGISTREMENTS LIMNIGRAPHIQUES

Les diagrammes obtenus se présentent techniquement bien (absence de hachage et de retard). La fréquence d'enregistrement est de huit jours, l'observateur étant l'un des nôtres (C.D.). Nous présentons le graphique des débits journaliers (obtenus à partir des limnigrammes et de la courbe de tarage) exprimés en m^3/s , et en regard, les hauteurs pluviométriques journalières observées à la station d'Engins (pl. 3).

On peut constater d'ores et déjà, la réponse quasi instantanée du réseau considéré. Ceci apparaît de façon plus évidente encore à l'examen du couple hyétogramme (courbes d'averses) - hydrogramme (courbes des crues).

V. - ANALYSE D'UNE CRUE (pl. 4)

Il n'a pas été possible, dans l'échantillonnage recueilli à ce jour, de sélectionner une crue afférente à une averse proprement unitaire. Néanmoins, et à titre d'essai, nous nous sommes "risqués" à avancer l'ordre de grandeur du temps de montée de la crue observée, soit, temps compris entre le début de la montée et la pointe de l'hydrogramme, et du temps de réponse, soit, intervalle de temps qui sépare le centre de gravité de la "pluie efficace" de la pointe de l'hydrogramme. La "pluie efficace" est la portion de l'averse ayant donné lieu à du ruissellement, nous avons posé, à priori, que celle-ci correspondait à la seconde fosse du hyétogramme, la première étant supposée représenter la "pluie d'imbibition", c'est-à-dire la partie de l'averse nécessaire à la saturation des sols, ainsi que l'eau retenue par la végétation, en surface, et par les cavités du réseau mort, en profondeur.

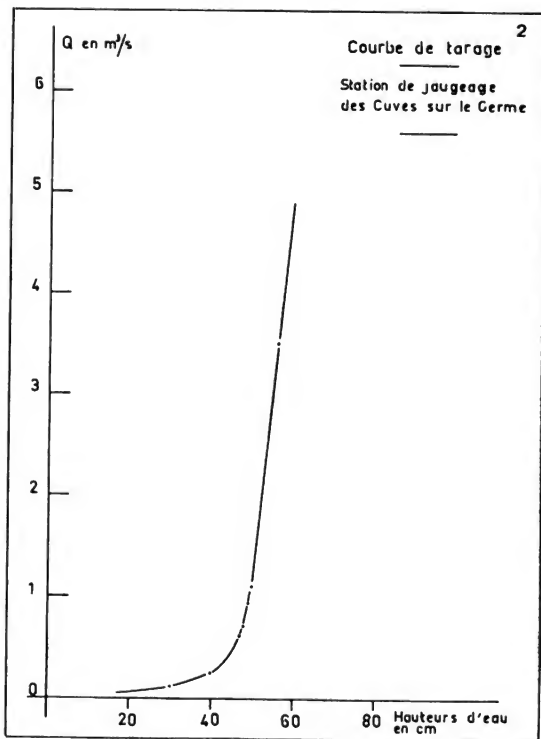
La séparation des écoulements a été réduite à la seule individualisation du débit de base, obtenu en joignant l'origine et la fin de la crue. Cette interprétation sera probablement à reprendre lorsque l'on possèdera des données plus précises sur la relation de transfert pluie - débit du bassin.

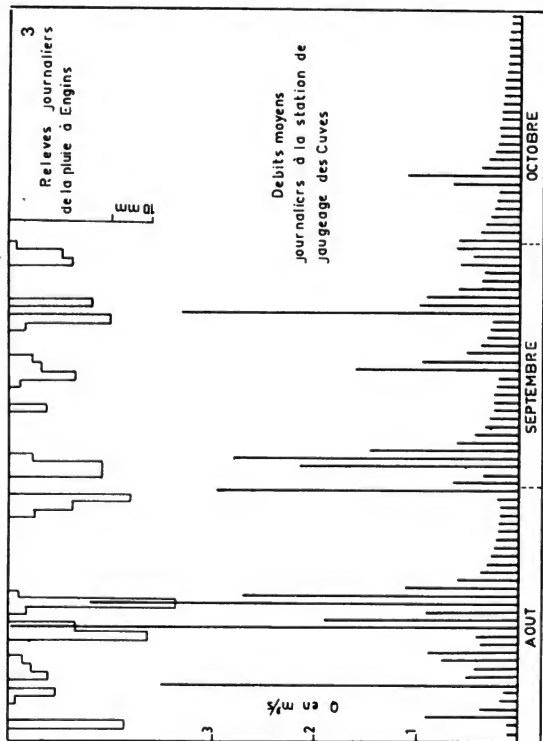
A titre indicatif, l'infiltration obtenue en rapportant le volume d'eau écoulé au droit de la station au volume précipité sur le bassin versant au cours de la pluie efficace, tels que définis plus haut, serait de l'ordre de 16 % (*) pour l'averse considérée.

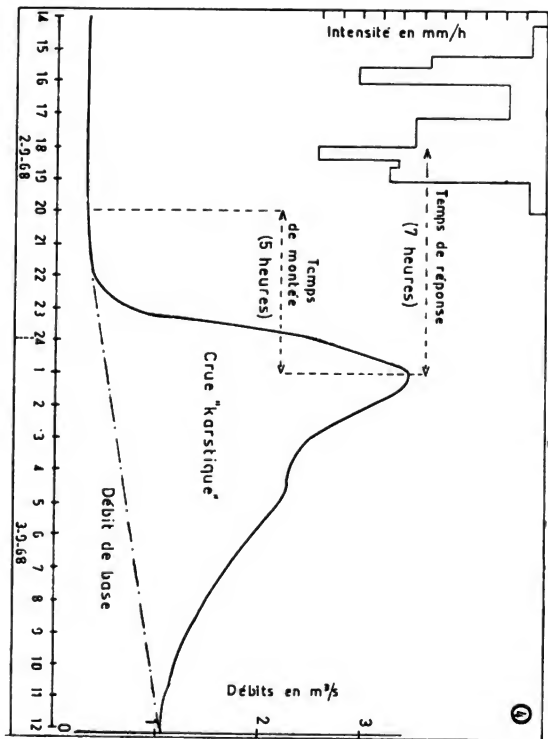
VI. - ANALYSE DU TARISSEMENT

La période du 11 au 25 octobre peut être considérée comme période de non influence, aucune précipitation n'ayant été observée sur le bassin versant. La courbe enregistrée, retranscrite, après conversion des hauteurs en débits sur diagramme semi-logarithmique accuse une rupture permettant de discerner le tarissement de la décrue. Cependant, on possède trop peu de points sur la branche "tarissement" pour tenter une extrapolation. Il faut simplement retenir le principe de la méthode, qui devrait permettre de fournir des indications sur la "rétention" du réseau karstique.

(*) - V crue : 57 600 m^3 - V averse efficace = 352.000 m^3







VII. - CONCLUSIONS : ORIENTATION DES RECHERCHES A VENIR

Les résultats obtenus depuis la mise en place du dispositif d'observations en août dernier nous incitent à poursuivre les observations et mesures engagées, mais aussi nous mettent dans l'obligation de compléter l'équipement du réseau hydrographique tant superficiel que souterrain, et notamment la résurgence du Bruyant. Ces travaux sont actuellement à l'étude et donneront lieu à réalisation dès le printemps prochain.

Nous espérons ainsi être en mesure de préciser les caractéristiques de l'écoulement souterrain en provenance des Cuves de Sassenage.

ANNEXE

TABLEAU DES DEBITS REMARQUABLES

	<u>ANNEE 1968</u>	
<u>MOIS D'AOUT</u>		
Q MAXIMUM INSTANTANE.....	9.80 m ³ /s	17 août
MINIMUM	0.11 m ³ /s	1 et 2 août
<u>MOIS DE SEPTEMBRE</u>		
Q MAXIMUM INSTANTANE	6.35 m ³ /s	22 septembre
MINIMUM	0.20 m ³ /s	14 septembre
<u>MOIS D'OCTOBRE</u>		
Q MAXIMUM INSTANTANE	3.10 m ³ /s	9 octobre
MINIMUM	0.15 m ³ /s	30 octobre

Intervention de Monsieur PARDE

Monsieur Maurice PARDE demande au conférencier quelle pluie a causé la crue dont il a donné l'hydrogramme et le débit maximum. Puis il désire savoir si Monsieur BARTALA a une idée sur les fortes crues anciennes à la sortie des Cuves de Sassenage. Il paraît que les débits maximums ont atteint 10 m en septembre 1960 et 14 m en octobre suivant.

De toutes façons l'inertie hydrologique du Vercors n'est que relative.

Un modelé morphologique bien conservé :

LE PALEOKARST MARIN DU VERCORS

Marc BRISSAUD ; Francis CAMOIN.

Situé à l'Ouest des Alpes dauphinoises, le massif du Vercors se présente comme une citadelle bordée de falaises calcaires. Au siècle dernier, son étude fut amorcée par l'aspect stratigraphique des assises : c'est toutefois la notion de faciès qui a dominé par la suite.

Actuellement on peut aller beaucoup plus loin et montrer que le Vercors présente, à peine dissimulés ou retouchés par l'érosion et par tous les phénomènes liés à l'altération superficielle, tous les caractères morphologiques d'un karst marin. De tels caractères s'observent aussi bien sur le modelé d'ensemble que sur des échantillons qu'il est possible de récupérer en surface.

A toutes altitudes, autant dans la partie périphérique jouant le rôle de piémont, que sur les corniches et les crêtes, comme dans l'intérieur des vallons, nous rencontrons de nombreux échantillons, à la fois minéralogiques et paléontologiques.

De tels échantillons, analysés sous ce double aspect, parlent beaucoup plus que sous le seul aspect de témoignages stratigraphiques.

Le premier schéma présente les zones de prélèvement des échantillons, tout en signalant certains aspects morphologiques sur lesquels nous reviendrons par la suite.

Un premier caractère des échantillons recueillis consiste en leur formation marine hydrodynamique :

- ils possèdent une forme extérieure modelée par l'eau ;
- ils présentent des dépôts superficiels d'organismes marins encroûtants ;
- certains sont formés de matériaux divers.

Forme extérieure et organismes encroûtants montrent immédiatement l'existence d'une présence de la mer. Les échantillons constitués de matériaux hétérogènes accusent la présence d'annus de petits galets roulés et classés. Une telle présence nous laisse entrevoir des témoignages d'émersion ultérieure à leur dépôt. Il en est de même pour les échantillons de boues siliceuses enrobant les débris de silex ou polyptiers.

Le second caractère de ces échantillons se déduit de l'aspect écologique commun des organismes encroûtants et des polyptiers. Ce sont, en effet, des faunes de faible profondeur, voire même de rivage de mers chaudes, dont l'existence est liée aux formes topographiques encore visibles actuellement de même qu'aux affleurements sableux rencontrés à leur voisinage.

Quelques échantillons sont constitués de boue organique. Certains furent récoltés aux flancs d'une cuvette que limite extérieurement le faciès urgonien karstique du Cañon des Erges, au Nord de la Fontaine de Tiolache. D'autres sont des galets purement calcaires récoltés aux pieds de diverses falaises urgoniennes.

Il est tout naturel de considérer ces falaises comme ayant voisiné des rivages.

En mettant en parallèle les reliefs actuels et les échantillons récoltés, c'est un second schéma qui se dessine : les vallons du Vercors furent, en réalité, à l'origine, des lagons communiquant entre eux et séparés par des échines. Ils formaient des séries juxtaposées, allongées dans le sens diamétral maximum du Vercors actuel, alignées du Nord vers le Sud.

Des falaises subverricales périphériques entouraient un tel ensemble. Les deux photos présentant l'échine du Gerber traduisent bien un tel aspect ; falaises crénelées par des passes par lesquelles la houle déferlante amenait des matériaux, venus de l'extérieur, au moment des tempêtes.

Les parties supérieures de ces falaises, ou "chicots d'accrétion" surmontant les créneaux, sont formées de calcaires coralliens construits. Une telle structure ne comporte aucun signe de stratification.

Seules, des traces de ressac marin, très longues et proches de l'horizontale, s'aperçoivent aux flancs de telles falaises : Gorges de la Bourne, Gorges d'Engins. Les falaises nord du Vercors, situées entre les Roches Noires et la pyramide de la Buffe, en portent encore un très net témoignage, respecté par les érosions et les éboulements.

Ainsi, quelle que soit la partie du Vercors que l'on parcourt, on rencontre en surface le témoignage constant d'une ancienne présence marine, accompagnée de ses érosions de rivage. Cette présence marine s'est traduite par des dépôts calcaires très blancs et très purs, effectués lors d'un climat subtropical.

Le Vercors, en dépit des modifications tectoniques qui l'ont influencé au Tertiaire, nous apparaît comme un paléokarst d'origine marine, respecté par la turgescence du "Fin - Crétacé" et du "Fin - Tertiaire".

C'est un des paléokarsts européens les plus complets dans ses restes morphologiques fossilisés : des grottes d'aspect sous-marin s'y rencontrent, proches de plages sableuses et de récifs à polypiers. Certaines de ces grottes de calanques sont encore, à leur entrée, garnies de coquillages fossilisés sur leurs parois (Grotte d'Herbouilly, Trou qui Souffle, Gouffre Berger).

Tout ceci va être précisé par une analyse portant sur les paramètres caractérisant les échantillons présentés. Les procédés de classement de l'algèbre moderne (algèbre de Boole) ont été utilisés pour mettre en évidence les structures morphologiques de ce paléokarst marin.

CLASSEMENT DES ÉCHANTILLONS

Le langage ordinaire utilise une syntaxe complexe dans laquelle une même forme correspond à de nombreux types de relations. La connaissance scientifique, au contraire, a besoin d'utiliser des éléments dont la définition soit sans équivoque et des relations dont la portée soit exactement définie. Cette exigence entraîne l'emploi du langage mathématique dans l'expression des faits et de leurs relations.

L'extension moderne des mathématiques, par delà le domaine numérique, au domaine qualitatif (théorie des ensembles) a étendu leurs possibilités d'application aux Sciences Naturelles et aux Sciences Humaines. L'essai présenté est une tentative pour appliquer les mathématiques à une détermination fine des caractères de morphologie récifale.

La première phase de toute étude consiste dans le recueil d'observations et d'échantillons. La première opération logique sur ces échantillons est leur dénombrément. Leur mise en ordre commence, ensuite, par une classification, première amorce de toute structuration : les objets qui, d'un certain point de vue, sont considérés comme équivalents, sont rangés ensemble.

A ce concept de classification d'objets s'applique, dans le langage de la théorie des ensembles, une opération mathématique bien définie : la partition d'un ensemble.

"Une partition dans ou sur un ensemble est une division de celui-ci en parties disjointes telle que chaque élément de l'ensemble soit dans une et une seule de ses parties. Les parties disjointes d'une partition sont appelées classes".

Dans la suite nous utiliserons ce langage logico-mathématique de préférence à une formulation intuitive.

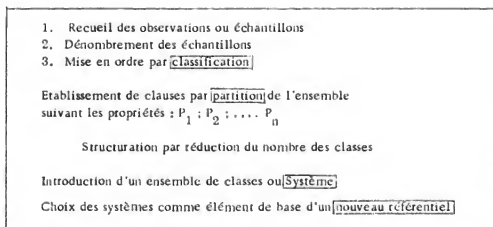
Intérêt de cette présentation

- l'algorithme de classement choisi peut être utilisé directement par une machine à calculer (ordinateur) ;
- les opérations logiques peuvent lui être appliquées (algèbre de Boole, théorie des Treillis) et la représenter sous forme de graphes.

Cependant, il persiste un arbitraire ; avant toute opération de classement, il faut choisir un certain nombre de propriétés, caractères ou prédicats qui serviront à établir les classes d'équivalence.

Il faut bien admettre que, dans le choix de ces prédicats nous avons une préférence tacite pour certains d'entre eux dont la structure logique nous apparaît intuitivement.

Schéma des opérations logiques suivies



Dans le classement des douze échantillons présentés, nous avons adopté, pour un premier stade, quatre propriétés P_1, P_2, P_3 et P_4 qui sont les suivants :

- | | | | |
|-------|---|---|--|
| P_1 | = l'échantillon présente (1)
ou ne présente pas (0) | { | un modelé de surface dit :
"hydrodynamique" |
| P_2 | = l'échantillon est recouvert (1)
ou n'est pas recouvert (0) | } | d'organismes marins "encroûtants" |
| P_3 | = l'échantillon montre en surface (1)
ou ne montre pas (0) | } | des fossiles caractéristiques au point de vue écologique marin, et même plus particulièrement écologique récifal (polypiers, bryozoaires, éponges, etc.) |
| P_4 | = l'échantillon a été trouvé (1)
ou n'a pas été trouvé (0) | } | en place |

Avec les quatre caractères choisis, l'analyse des douze échantillons se présente ainsi :

	P_1	P_2	P_3	P_4
(1)	1	1	0	1
(2)	0	0	1	1
(3)	1	1	1	1
(4)	1	0	1	0
(5)	1	0	1	0
(6)	1	1	1	1
(7)	1	0	1	1
(8)	1	0	1	0
(9)	1	1	0	1
(10)	1	1	1	1
(11)	1	1	0	1
(12)	1	1	1	1

ce que l'on peut aussi représenter par le tableau latin suivant :

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

qui s'analyse ainsi :

Partition des éléments de l'ensemble	Classes d'équivalence	Transcription en algèbre de Boole
(A) 1 9 11	E ₁	1 1 0 1
(B) 4 5 8	E ₂	1 0 1 0
(C) 3 6 10 12	E ₃	1 1 1 1
(7) 7	E ₄	1 0 1 1
(2) 2	E ₅	0 0 1 1

Les éléments peuvent être classés dans un nouvel ordre, tenant compte de l'importance croissante du facteur 0 : c'est-à-dire de l'absence d'un nombre croissant de caractères distinctifs.

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	
3	1	1	1	1	E ₃
6	1	1	1	1	
10	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	
1	1	1	0	1	E ₁
9	1	1	0	1	
11	1	1	0	1	
7	1	0	1	1	E ₄
2	0	0	1	1	E ₅
4	1	0	1	0	E ₂
5	1	0	1	0	
8	1	0	1	0	

La matrice booléenne peut maintenant s'écrire, entre les éléments A, B, C... et les classes E₁,... :

	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
(A)	1	0	0	0	0
(B)	0	1	0	0	0
(C)	0	0	1	0	0
(7)	0	0	0	1	0
(2)	0	0	0	0	1

Dans cette matrice, les dénominations des classes seront :

- (A) E₁ = Mur récifal ou passe récifale
 (B) E₂ = Avant-talus récifal, côté du large
 (C) E₃ = Lagon : plage interne d'arrière-récif
 (7) E₄ = Zone de transition d'avant-récif
 (2) E₅ = Bassin pélagique d'avant-récif.

Ceci est précisé sur le troisième schéma (coupe morphologique).

ANALYSE DES ECHANTILLONS MINÉRALOGIQUES (sans fossiles)

- 13 - Boue à "Load cast" du poljé de Méaudre.
 14 - Calcaire à gravillons quartzeux de la passe de la Croix Perrin.
 15 - Grès à petits gravillons du Trou qui Souffle, près Méaudre.
 16 - Galets de paléoplage, Saint-Nizier.
 17 - Sables verts de Saint-Julien-en-Vercors.
 18 - Barre grésifiée des Alberts.
 19 - Load cast grésifié des Alberts.
 20 - Plaque mince de la barre des Alberts.
 21 - Calcaire à boue fine, Lagon de Tiolache.
 22 - Sable, lagon de Méaudre.
 23 - Sable blanc de Pont-en-Royans.

Les caractéristiques choisies sont les suivantes :

Echantillons	Caractères	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
		Hétérogénéité	Facteur directionnel	Indice de transition de 2 milieux	Minéral caractéristique	In situ
13		1	1	1	1	1
14		1	1	1	1	1
15		0	0	0	1	1
16		1	0	1	1	1
17		1	0	1	1	1
18		1	1	1	1	1
19		1	1	1	1	1
20		1	1	1	1	1
21		0	0	0	0	1
22		0	0	0	0	1
23		0	0	0	0	0

Dans ce tableau, la "non-présence" du caractère correspond au facteur (0).

Ceci fait, nous classerons les échantillons en quatre "classes" d'équivalence :

C ₁	1	1	1	1	1	Plage lagunaire, côté interne ou Talus récifal côté interne
	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	
	1	1	1	1	1	
C ₂	0	0	0	0	1	Dépôt de la zone centrale du Lagon
	0	0	0	0	1	
	0	0	0	0	1	
C ₃	1	0	1	1	1	Sable ou argile du sillon interne profond
	1	0	1	1	1	
C ₄	0	0	0	0	0	Sédiment rejeté en dehors du domaine récifal

Si l'on se rapporte à la coupe présentée, on constate que les classes C₁ et C₂ sont une partition de la classe morphologique E₃ définie précédemment.

La classe C₃, sables fins ou argiles du sillon interne profond, ne semble inclure que des sédiments fins, donc n'avait pu être décelée à partir des échantillons fossilifères grossiers analysés précédemment.

LIAISON AVEC LES ELEMENTS DE MORPHOLOGIE KARSTIQUE

Si nous appelons :

K₁ un élément de morphologie karstique pouvant être

{ grotte

{ gouffre

{ aven

K₂ un élément de morphologie karstique du type

{ lapiés ou surface lapiazée à caractère
marin (bords superficiels arrondis)

K₃ - idem -

{ poljé

{ ou dépression de faible
profondeur

nous dirons que E₁ K₁ si l'échantillon présenté comme appartenant à la classe E₁ a été trouvé au sein même d'un élément K₁.

De plus, nous dirons :

K₁ E₁

si l'échantillon appartenant à E₁ se trouve au voisinage de K₁.

Enfin :

K₁ E₁

si le voisinage de E₁ ne contient jamais aucun K₁.

CONCLUSION

En laissant de côté les éléments qui ne sont pas en place (classe E₂) ; de l'ensemble des observations effectuées sur le terrain, et du classement des échantillons présentés, nous pouvons mettre en évidence les relations suivantes :

E ₃	ou	K ₁	C ₂	K ₃	E ₁	
					E ₄	K ₁
C ₁		K ₂	C ₂	K ₁	E ₅	K ₂
					C ₃	K ₃
					C ₄	

ou, en langage ordinaire : les classes E₃ et C₁ sont toujours associées aux éléments de morphologie karstique K₁ ou K₂ (grottes ou laplés).

Les classes E₁, E₄, E₅, C₃ et C₄ ne nous ont jamais paru associées aux éléments karstiques K₁, K₂ et K₃ définis précédemment. La classe C₂ (zone interne de lagon) est associée au facteur K₃ (poljé), et des grottes marines figurent, en général, dans son voisinage.

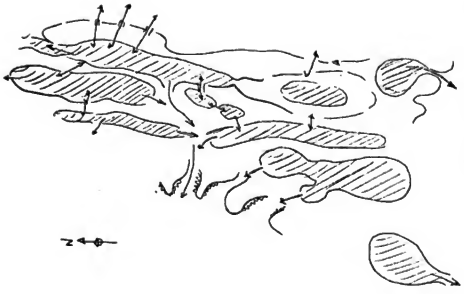
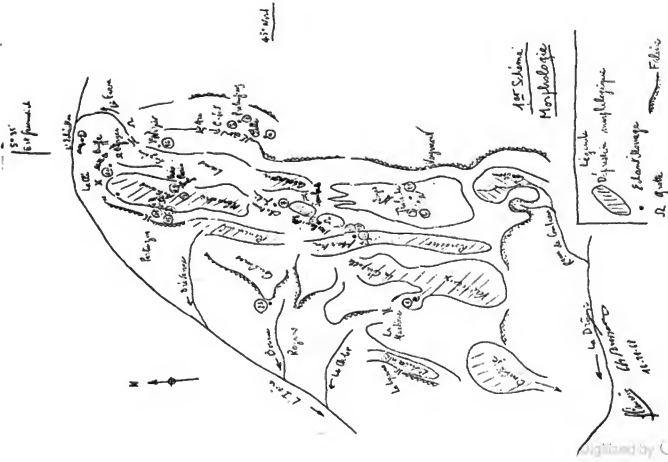
Remarquons que la classe E₂ représentant des échantillons qui ne sont pas en place ne peut pas être logiquement reliée à un élément de morphologie de surface.

En résumé, cette méthode permet :

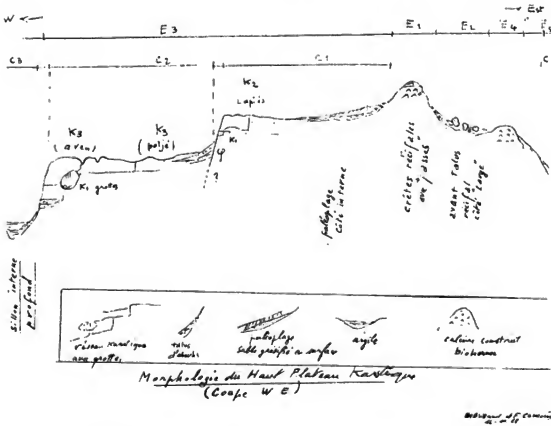
1. l'analyse directe sur le terrain des échantillons sans être dans l'obligation de les ramener : le stockage des observations sous forme de cartes perforées au lieu de stocker les échantillons eux-mêmes (gain de place).
2. possibilité de faire tirer l'information contenue dans ces cartes par un ordinateur, on évite ainsi de refaire, pour chaque échantillon recueilli, la même démarche de classement logique (gain de temps).
3. une fois admis les critères de classement, le classement est effectué par un ordinateur qui, dans son fonctionnement, est absolument impartial et infaillible (élimination de "l'équation personnelle" du classificateur).

LISTE ET ORIGINE DES ECHANTILLONS MORPHOLOGIQUES PRESENTES

Echantillon Numéro	ORIGINE	CLASSE	Altitude de pré- lèvement (m)
(1)	Col de la Machine	E ₁ 1101	1 350
(2)	Galet de pied de falaise (Dent de Moirans)	E ₅ 0011	300
(3)	Lagon, Fontaine de Tiolache	E ₃ 1111	1 450
(4)	Madréporaire, au-dessus Col de l'Arzelier	E ₂ 1010	1 250-1 300
(5)	Plaque à Enchrine, Récifs de Prélénfrey	E ₂	1 200
(6)	Lagon, Fontaine de Tiolache	E ₃	1 300-1 350
(7)	Couche à Orbitolines de Château-Julien	E ₄ 1011	1 430
(8)	Récif à Polypiers de Prélénfrey	E ₂	1 200
(9)	Passe de la Croix Perrin	E ₁	1 200
(10)	Pyramide de la Buffe, versant interne	E ₃	1 520
(11)	Poljé marin de la Clairière du Sabor (Méaudre)	E ₁	1 350
(12)	Grès à Bryozoaires, Paléoplage d'Herbouilly	E ₃	1 340



195 118



L'APPARITION EN VERCORS DU KARST LIÉE A L'ECHELLE
CONNUE DES TEMPS GEOLOGIQUES



Il y a 65 millions d'années, lorsque se termine l'ère secondaire, les eaux de la mer vocontienne voient s'accroître une sédimentation des "carbonates" portés, jusque là, en solution.

Cette sédimentation, correspondant à un changement d'ère géologique, renforce les minces échines récifales qui constituent les seules parties émergées ou à la limite d'émergence du futur Vercors...

Des paramètres thermodynamiques influencent les solutions carbonatées : le passage d'un seuil de température facilite l'activation de la sédimentation.

Des "gels siliceux", fin d'un lessivage qui provient de l'érosion accusée sur le massif hercynien du centre de la France, sont répartis, eux aussi, dans les eaux vocontiennes : ils se sédimentent, en Vercors, avec les carbonates. Ceci forme le niveau stratigraphique appelé par les géologues : "calcaires sénoniens à silice".

A la fin du Crétacé, lorsque s'amorce la "phase laramienne" de l'orogénie alpine, une série d'oscillations, issues du tectonique, permet aux ultimes dépôts carbonatés et siliceux sédimentés à l'emplacement du futur Vercors de subir une "turgescence d'avant-fosse"...

La réelle mise en place du "Paléokarst marin du Vercors" s'amorce. Des alternances d'émergence et d'immersion vont faire passer, à la limite ère secondaire - ère tertiaire, le futur Vercors en un état partiellement exondé que nous dirons : "état lagunaire"....

Enfin, après son émergence et durant des millions d'années, la majeure partie du Vercors se trouvera protégée par une "phyto-couche" de plus en plus arborescente, donc de plus en plus dense.

Et simultanément, des argiles à humus, irrégulièrement réparties sur le vaste bouclier physico-chimique des calcaires devenus "saccharoïdes", permettront au Karst du Vercors de "demeurer" jusqu'à nos jours.

AGE GEOLOGIQUE POSSIBLE POUR LE KARST DU VERCORS



L'essai, ci-dessus présenté, s'est limité au "domaine morphologique", donc au domaine tout à fait "superficiel". Pour la phase d'immersion, l'hypothèse d'une sédimentation thermodynamique constitue la base d'une explication. En vue de compléter de telles informations, il convient bien sûr de rattacher la présence du Karst du Vercors à ce que constitue la "Géologie Historique".

Dès l'Albien, il y a cent dix millions d'années, l'immersion n'était certainement pas complète...

Les surfaces d'accrétion récifale constituaient des "biohermes", autrement dit des "constructions biologiques" en récifs lenticulaires : c'étaient des zones irrégulièrement réparties qui, contrairement aux phénomènes de sédimentation, présentaient des lacunes dans leur masse ; Stromatopores, Coralliaires, Crinoïdes, Brachiopodes, Spongiaires et Algues étaient absents dans les creux, dans les rides de surfaces chargées de "boues", dans les sillons en forme de chenaux, zones parcourues de courants trop violents...

Simultanément, au contact de l'atmosphère et dès l'Albien, l'action dynamique des eaux marines (par les houles et les tempêtes) renforçait ces inégalités de la surface en créant ainsi l'amorce du Karst...

Au même moment de l'histoire géologique, lorsque s'effectue dans les Alpes orientales la phase orogénique dite "Autrichienne", une plage siliceuse s'étendait au Nord du Vercors, depuis l'emplacement de la Molière jusqu'au Sornin.

Le grattage des sables voisinant la source de La Molière met en effet à jour des Diploceratides accompagnés de petites Belemnites. Ceci montre que cette plage s'est bien formée à l'Albien. La plage s'étendait d'un seul tenant jusqu'à l'emplacement d'un replat situé, au Sornin, sur la partie sud de la zone de captage alimentant la source "Alexis Francoz".

Des silices, venues de l'Est et de l'Ouest au gré des flots vocontiens, se déposèrent sur cette zone isopique puis se transformèrent en dunes littorales soumises aux vents venus du large...

Ultimeurement, sous l'effet d'oscillations de l'écorce, la mer détruit une partie de la plage albienne "La Molière Le Sornin" : elle transforme cette plage en la très longue zone de lapiés qui peut se parcourir actuellement du Sornin à La Molière. De même, en amont d'Autrans, sur le chemin du Pas de la Clé, un très court trajet permet d'abandonner la zone isopique albienne du Pré de Gève, marquée par sa source captée. Après franchissement d'un seuil à Orbitolines, nous rencontrons la zone "post-albienne" marquée par le "lapiaz du Pas de la Clé" - même explication que précédemment pour l'origine marine et le datage géologique de ce lapiaz.

Enfin, aux "Alberts" de Saint-Julien-en-Vercors, se trouve une épaisse lentille de sable siliceux "glauconieux", chargée par des silicates "ferro-phosphatés" en grains roulés et sans facettes ; cette lentille repose sur des calcaires récifaux englobés d'organismes encroûtants accompagnés par de rares polyliers, le tout bordé par des lapiés : nous y relevons une ancienne plage albienne bordant le sillon profond qui joignait le Nord du Vercors donc les Ecouges au Sud du Vercors : Le Rousset...

Partout, dans le Vercors, un lapiaz domine une zone sableuse. De même, fin Crétacé durant la "Turgescence Laramienne", un phénomène identique d'exondation partielle se renouvellera. De plus, la "Trilogie Priabonienne" n'a pas été marquée en Vercors, semble-t-il, par des témoignages de sédimentation car il n'y a pas été rencontré, jusqu'à maintenant, de Nummulites : question climatique, peut-être.

Enfin, lors de la "phase rhodanienne", datant de huit à dix millions d'années, des fracturations vont achever le gros travail de maturation géodynamique en Vercors. Jusqu'aux Cévennes se ressent une tectonique de "fractures" : le Vercors, désormais mûr et solidifié, perd ce qui lui restait de viscosité ou de "souplesse", il se montre "cassant". De grandes failles et des dislocations marquent alors le Karst, elles s'accompagnent de réseaux de "diaclasses"... Celles qui furent aux temps d'autrefois les "sources sous-marines" voient se modifier leur régime, puisque la tectonique prévaut après l'émergence la source se transforme en "grotte".

Ainsi, l'hypothèse unique : "présence de la mer liée aux effets de la tectonique" conduit à une explication cohérente sur l'origine du Karst en Vercors, ouvre des domaines annexes restant à étudier, de même que de vastes horizons de recherche.

Beaucoup d'observations restent encore à effectuer sur le terrain : silices, paléocourants, dispersions de particules marquant les variations de turbidité, zones perméables de surface et aquifères sableux, etc...

RECHERCHE DU RESEAU DE LA GOULE BLANCHE

par M. CHAZALET - Clan des Tritons - Lyon.

La grotte de la Goule Blanche, située dans les gorges de la Bourne (x = 850,41 ; y = 312,27 ; z = 832) est une importante résurgence, dont l'origine des eaux était mal connue jusqu'à ces dernières années. Nos recherches se sont orientées sur la bordure orientale du Vercors, au-dessus de Corrençon, sur le liapaz de la Grande Moucherolle.

I - La grotte des Deux-Sœurs

Département : Isère. Commune du Guâ (x = 855,76 ; y = 305,56 ; z = 1840).

S'ouvrant au pied de la falaise des Deux-Sœurs, la grotte des Deux-Sœurs a 3,5 km de développement et 376 m de profondeur. Un premier réseau fossile se termine à 170 m dans le réseau grenoblois. A -90, débute le réseau de la Verna qui conduit après de courts méandres et un puits de 100 m à la salle du Lion, à -200. C'est à ce niveau que l'on trouve une rivière. Après le puits du Lion, à -250, elle coule au fond d'une diaclase. Assez souvent on la perd, pour la retrouver quelques mètres plus loin. Recevant un affluent à -270 et à -350 on peut estimer son débit à la voûte mouillante de -376 à 30/50 l/s, en période d'étiage.

Quand on examine le plan de la grotte des Deux-Sœurs, on voit que la rivière suit sensiblement une direction ouest, puis avant la voûte mouillante elle change brusquement de direction, comme si elle butait sur un mur. Ce mur n'est autre que l'anticlinal du Rocher des Jaux. Si les strates se relèvent nettement en surface, on ne s'en aperçoit pas en profondeur. Mais on sent nettement que l'on se trouve dans une zone au pendage mal défini. Les eaux hésitent quant à la direction à prendre.

Plusieurs hypothèses avaient été formulées quant à l'exutoire de la rivière :

- la rivière butant sur les Rochers des Jaux, prend la direction du Nord (et se dirige vers les Cuves de Sassenage ?) ;
- la rivière alimente une des résurgences du plateau du Villard de Lans ;
- les Rochers des Jaux ne sont qu'un obstacle passager, que la rivière franchit, pour reprendre sa direction initiale : l'Ouest, et sortir à Goule Blanche.

Cette dernière hypothèse était la plus plausible.

Le 17.10.1964, nous avons réalisé la coloration de la rivière. La coloration s'est faite à -350 dans la grotte des Deux-Sœurs, avec 5,5 kg de fluorescéine. Le contrôle des résurgences était fait à l'aide de fluocapteurs au charbon actif. La coloration est sortie le 30.10.1964 à la Grotte de la Goule Blanche. Fin de coloration le 15.11.1964.

- distance théorique : 8 500 mètres ;
- dénivellation : 658 m (point de coloration ; 1 490 m - Goule Blanche : 832 m),
- débit de la rivière de la Grotte des Deux-Sœurs : 50 l/s
- débit à Goule Blanche le 17.10.1964 : 1,870 m³/s
- le 30.10.1964 : 1,050 m³/s
- le 12.11.1964 : 400 l/s
- temps de passage : 300 heures
- vitesse théorique : 28 m/h

Il faut souligner le débit irrégulier de la Goule Blanche (variant de 400 l/s à 1,870 m³). Ceci à cause de la fonte des neiges précoces d'octobre 1964.

II - Autres gouffres du plateau de la Moucherolle

Nous avons continué nos recherches dans le secteur du liapaz de la Grande Moucherolle en 1965, 1966, 1967 et 1968. Si nous n'avons pas pu retrouver la rivière, au-delà des Rochers des Jaux, nous avons exploré deux gouffres intéressants.

1. - Le scialet de la Nymphé : commune de Villard de Lans - x = 855,40 ; y = 305,68 ; z = 2048.

Situé près du col des Deux-Sœurs, ce scialet s'ouvre à l'aplomb des grands puits remontants de la grotte des Deux-Sœurs. Nous pensions réaliser une jonction entre les deux cavités. Le scialet de la Nymphé a été exploré jusqu'à 401 m de profondeur et nous n'avons pas encore réussi à établir une jonction, bien que des courants d'air autorisent à penser qu'il existe une communication entre les deux cavités. Le scialet de la Nymphé se développe principalement en puits, dont le creusement a été orienté par une faille est-ouest. Pas de circulation d'eau, mais des amas de glace de -30 à -100,

2. - Le scialet Moussu : commune de Corrençon - x = 853,32 ; y = 306,48 ; z = 1665.

Situé au pied de la Moucherolle, le scialet Moussu a été exploré jusqu'à 536 m de profondeur. Bien qu'il ait plus de méandres qu'au scialet de la Nymphé, le scialet Moussu se développe en puits, surtout à partir de -200, où le creusement a été facilité par des diaclases. A -140 m on trouve un ruisseau de quelques l/s (bien qu'au printemps ce débit est très nettement plus élevé). On suit cette eau jusqu'à -536, où elle s'infiltra dans des fissures. Il n'y a pas eu de coloration, mais il ne fait aucun doute que cette eau ressort à la Goule Blanche. Dans ce scialet nous trouvons de la glace en gros cristaux jusqu'à -140 m (formation par courant d'air aspirant).

III - La grotte de la Goule Blanche - Commune de Villard de Lans - x = 850,41 ; y = 312,27 ; z = 832 m

A sa sortie la rivière a été captée par l'E.D.F., qui turbine ses eaux à l'usine de la Haute-Bourne. La rivière est rapidement impénétrable. Il faut suivre une galerie fossile pour la retrouver à 500 m de l'entrée. La progression est arrêtée 250 m plus loin par un siphon. D'un développement de 1200 m de galeries, la grotte de la Goule Blanche se développe dans l'axe d'une faille d'azimut 130°.

La rivière a un débit très variable : de 200 l/s à plusieurs m³. Mais son débit relativement important en période de sécheresse montre assez bien que l'alimentation de la rivière est située en partie sur les hauts plateaux de l'Est du Vercon.

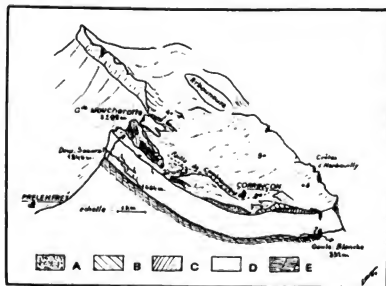
Analyses chimiques effectuées à la Goule Blanche (d'après Spélaion Carso n° 5-1967 et n° 4-1966)

Date	Température C	pH	Alcal. Ca CO ₃ mg/l	Ca ²⁺ + Mg ²⁺ Ca CO ₃ mg/l
20. 8. 66	6, 8	7, 59	120	105
15. 4. 66	6, 5	8, 15	120	124

CONCLUSIONS

La coloration de la rivière de la grotte des Deux-Sœurs a permis de mettre en évidence une percée hydrologique importante. En effet, la dénivelée grotte des Deux-Sœurs et Goule Blanche est de 1008 m pour 8 700 m de distance. Si l'on admet que le scialet de la Nymphé fait partie du réseau, la dénivelée devient 1216 m. Ce réseau se développe dans l'Urgonien, carapace puissante de 300 m et plus. Les startes s'inclinent régulièrement jusqu'au fond du synclinal, puis se relèvent à l'Ouest (crête d'Herbouilly). L'Urgonien repose sur l'Hauterivien sur lequel se collecte les eaux. De nombreuses failles jouent certainement un rôle important dans l'écoulement des eaux souterraines.

Les eaux de la rivière de la grotte des Deux-Sœurs doivent s'écouler assez rapidement jusqu'à l'aplomb de Villard de Lans. Mais à ce niveau, l'anticlinal de Sasenage se faisant encore sentir, la circulation doit se faire en conduits noyés, pour résurger plus loin à la Goule Blanche.



- 1 - Grotte des Deux-Sœurs (-376)
- 2 - Scialet de Font-Bressant (-105)
- 3 - Scialet Moussu (-536)
- 4 - Scialet de la Combe de Fer (-650)
- 5 - Scialet Jésus (-120)
- 6 - Scialet de Malaterre (-140)
- 7 - Grotte de la Combe Blanche
- 8 - Glacière de Corrençon
- 9 - Scialet de la Nymphé.

- A - Dépôts glaciaires
- B - Sénonien
- C - Albien
- D - Urgonien
- E - Hauterivien.

CARACTERISTIQUES CHIMIQUES ET BACTERIOLOGIQUES DES EAUX
DU MASSIF DU VERCORS DANS LE DEPARTEMENT DE L'ISERE

par A.F. CHOUTEAU et R. MAGNIN

Le massif du Vercors est en partie situé dans le département de l'Isère ; notre laboratoire (*) assure le contrôle. la surveillance et les analyses pour projets de captages des eaux de cette région.

Nous possédons ainsi un dossier analytique important concernant la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux d'alimentation et de surface qui émergent dans ce massif et qui peuvent être supposées d'origine karstique.

A part un certain nombre d'analyses complètes types I, la majeure partie des résultats d'analyses dont nous disposons sont des types II et III effectués conformément à l'arrêté du 15 mars 1962 (4, p. 19-22).

Les types II sont des analyses de surveillance concernant des critères chimiques, physiques et bactériologiques :

- 1) Analyse chimique : oxygène cédé par KMnO_4 , dureté totale, titre alcalimétrique complet, ammoniacale, nitrites, nitrates, chlorures, sulfates, fer ;
- 2) Analyse physique et organoleptique : température, pH, turbidité, résistivité, couleur, saveur, odeur ;
- 3) Analyse bactériologique :

- dénombrement total des bactéries sur gélose nutritive à 37° et 20°
- colimétrie, c'est-à-dire dénombrement des *Escherichia coli* et bactéries coliformes ;
- dénombrement des *Clostridium* "sulfite-réducteurs" si les eaux sont traitées, et dénombrement des *Streptocoques* "fécaux" si les eaux ne sont pas traitées.

Nous avons essayé d'exploiter ces documents dans le but d'en faire une synthèse et d'obtenir les caractères physico-chimiques et bactériologiques spécifiques des eaux du Vercors.

Cependant un certain nombre de remarques nous paraissent utiles à préciser : ces résultats d'analyses portent la plupart du temps sur un mélange de plusieurs sources, au débit variable, rassemblées dans un même réservoir. Ces sources ont souvent la même origine, présentent les mêmes caractéristiques et font l'objet de trois analyses annuelles à des périodes différentes, ce qui nous a permis de faire un bilan général sur les eaux du massif, mais les études particulières ne portent que sur les captages ne comptant qu'une seule source.

I. - CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

A - Un premier examen de l'ensemble des analyses effectuées sur les eaux captées dans le massif du Vercors, (tableau I) nous permet de dire que :

1. - Il n'existe pas, à l'altitude où peuvent être faits les captages, d'eaux à la minéralisation très faible, comme on en rencontre dans les massifs voisins (Oisans et Belledonne en particulier). Les eaux, en pays calcaire, ont toujours une minéralisation moyenne ou élevée.
2. - La minéralisation ne dépend pas de l'altitude du captage. En effet, on rencontre des eaux à minéralisation relativement élevée, sur le plateau : à Villard de Lans par exemple (sources Guichard, du Renard ou du Fond de la May) ou à Autrans (source de l'Achard aux Ronins) comme au pied de la montagne : à Pont-en-Royans, à Izéron, etc. Par contre, on rencontre des eaux à minéralisation moyenne sur le plateau de Villard de Lans (sources des Eynards, de la Goule Blanche, de Charles Achille) ou à Autrans (Bellecombe) comme au pied de la montagne à Sassenage (Le Germe) à Malleval, Noyarey, etc.

(*) - Laboratoire agréé de Ire catégorie pour l'étude et la surveillance des eaux - Directeur : professeur R. SEIGNEURIN.

TABLEAU I

Caractéristiques chimiques des eaux du massif du Vercors dans le département de l'Isère
(Tableau établi à partir des deux dernières analyses en date, de chaque source).

Résistivité en ohms/cm	R 2500 14 %	2500	R 3000 30 %	3000	R 3500 42 %	3500	R 3500 14 %
Titre alcalimétrique complet en degrés français	TAC 15 10 %	15	TAC 20 58 %	20	TAC 25 26 %	25	TAC 25 6 %
Chlorures en mg/l de Cl ⁻	Cl 5 81 %	5	Cl 10 11 %	10	Cl 10 8 %	10	
Sulfates en mg/l de SO ₄ ⁼	SO ₄ 5 68 %	5	SO ₄ 10 14,5 %	10	SO ₄ 20 7,5 %	20	SO ₄ 20 10 %

En fait, on pourrait définir un type d'eau caractéristique du Vercors (a) : eau calcaire, c'est-à-dire riche en bicarbonates de calcium, dont le titre alcalimétrique complet est de l'ordre de 20 degrés français (b), dont la résistivité est de l'ordre de 3000 ohms/cm à 20°, dépourvue d'anions : sulfates, nitrates et chlorures. Mais surtout cette eau est inerte (ni incrustante, ni agressive) à la température mesurée lors du prélèvement.

C'est vers ce type d'eau équilibrée que tendent toutes les autres, agressives ou incrustantes, suivant d'une part la nature des terrains rencontrés et d'autre part les conditions de la minéralisation (température, aération, présence d'acide carbonique...).

Nous enregistrons dans les résultats des "instantanés", dans le temps et l'espace, de cette acquisition ou de cette perte en ions, de cette lutte pour l'inertie des eaux. Ceci explique la diversité de ces "instantanés".

B - Une comparaison entre des eaux de surface et des eaux souterraines nous permet d'interpréter nos résultats. Les eaux d'alimentation, captées le plus souvent à des exurgences ou des résurgences, ont des caractéristiques physico-chimiques comparables à celles des eaux de surface (eaux de rivières essentiellement). Cela ne peut nous étonner puisque les "sources" en pays karstique ne sont que la sortie au jour de cours d'eau souterrains (tableau II).

L'étude des eaux de surface du massif du Vercors permet de se faire une idée de ce qui se passe dans le réseau karstique complexe et souvent peu abordable :

- les eaux de rivières sont sujettes à des brusques variations dans la minéralisation, car elles sont diluées par de petits ruisseaux ou de petits torrents de montagne aux eaux peu minéralisées, souvent agressives et au débit important (eaux de ruissellement, fonte des neiges et des névés, etc.).

Ainsi le Furon en aval du Bruyant est fortement dilué : cette dilution entraîne :

- une diminution de la minéralisation totale des eaux, d'amont en aval ;
- une augmentation de l'agressivité des eaux d'amont en aval (tableau III).

Par contre, la Bourne à Villard de Lans est concentrée par le ruisseau de Pierrouse (tableau IV).

(a) La source du Fond de la May à Villard de Lans représente bien ce type d'eau (voir p.

(b) Vingt degrés français de TAC correspondent à 240 mg/l de bicarbonates (CO₃H⁻).

TABLEAU II

	Date	Température	D. H. T. en degrés français	T. A. C. en degrés français	Sulfates en mg/l de SO ₄ ⁻²	Chlorures en mg/l de Cl ⁻	Nitrates en mg/l de NO ₃ ⁻	pH	pH de saturation	Résistivité en ohms/cm
<u>VILLARD DE LANS</u>										
<u>eau de surface</u>										
LA BOURNE à VILLARD DE LANS	14.12.67	2°	17,2	16,8	2	4	1,95	7,6	7,76	3420
<u>eau captées</u>										
Les Eymards (fontaine)	20.12.65		17,8	17,6	traces	5,7	7,5	7,4	7,76	3280
Réseau communal										
	19.6.67	11°	17,0	16,7	2	-	-	7,1	-	3530
	14.11.67	9°	16,4	15,9	2	-	-	7,05	-	4220
<u>SASSENAGE</u>										
<u>eau de surface</u>										
Le Furon (1)	10.9.68	11°6	17,1	16,5	traces	-	-	8,2	-	3320
<u>eau captée</u>										
Sources communales	4.10.67	11°5	16,4	15,7	2	-	-	7,1	-	3640

TABLEAU III

	Date	Température	D. H. T. en degré	T. A. C. français	Sulfates en mg/l	pH	Résistivité en ohms/cm
<u>Le Furon</u> à l'Olette 947 m en amont du Bruyant (1)	10.9.68	13°6	24,7	24,0	traces	8,0	2510
<u>Le Furon</u> à Sassenage 205 m en aval du Bruyant (1)	"	7°9	17,1	16,5	traces	8,2	3320
<u>Le Bruyant</u> à la confluence (1)	"	11°6	16,0	15,5	traces	8,0	3880

TABLEAU IV

	Date	Température	D. H. T. en degré	T. A. C. français	Sulfates en mg/l	pH-pH _s (3)	Résistivité en ohms/cm
<u>La Bourne</u> en aval du ruisseau de Pierrouse "Les Geymonds"	14.12.67	2°	19,2	18,7	3	7,6 ; 7,62 eau inerte	3135
<u>La Bourne</u> en amont du ruisseau de Pierrouse "Les Côtes"	"	2°	17,2	16,8	2	7,6 ; 7,76 eau agressive	3420

On peut imaginer que les eaux souterraines sont soumises, dans le réseau karstique à des variations comparables, dues à des apports d'eaux plus ou moins minéralisées et plus ou moins agressives. Ainsi on peut enregistrer des grandes variations entre deux sources voisines, d'origine apparemment commune, qui ne pourraient s'expliquer que par un apport d'eau peu minéralisé entre les deux captages. A Autrans par exemple, la source de l'Achard présente une minéralisation différente suivant qu'elle est captée aux Ronins ou à l'Ebertière. Cette différence dans la minéralisation de deux eaux de même origine pourrait s'expliquer par l'apport d'eaux peu minéralisées entre les Ronins (en amont) et l'Ebertière (en aval).

	Date	Température	D. H. T. en degrés	T. A. C. français	Chlorures en mg/l	Sulfates en mg/l	pH	Résistivité en ohms/cm
LANS-EN-VERCORS L'Ebertière	19.6.68	11°	19,2	18,6	3	3	6,9	3110
	21.10.68	11°	19,2	19,2	4	3	6,9	2925
Les Ronins	19.6.68	10°5	24,8	24,4	2,5	3	6,9	2550
	21.10.68	10°	26,8	26,6	1	4	6,85	2215

Ces variations sont d'autant plus sensibles que les eaux souterraines ne sont pas soumises aux mêmes conditions physiques que les eaux de surface. En effet la présence du gaz carbonique, l'absence d'oxygène et la faible température des fissures ou galeries du karst sont autant de facteurs favorables pour communiquer à ces eaux une agressivité vis-à-vis du calcaire ((3), p. 270).

En conclusion cet apport, à différentes hauteurs d'eau peu minéralisée et agressive explique :

1) la faible différence dans la minéralisation des eaux captées sur le plateau (en altitude) et celles captées dans la vallée au pied de la montagne. On peut même enregistrer souvent une plus faible minéralisation de ces dernières.

	Date	T. A. C. en degrés français	Résistivité en ohms/cm
<u>SAINT-NIZIER</u> du <u>MOUCHEROTTE</u>			
Source Guillot	14.11.67	19,4	2775
Source de la Rochetière	"	19,5	2750
<u>ENGINS</u> Réseau	"	21,2	2855
<u>SASSENAGE</u> Le Germe	"	15,7	3640

2) La minéralisation rapide des eaux agressives quand elles traversent des alluvions, ainsi à Villard-de-Lans, les eaux qui s'écoulent dans les alluvions de la Bourne atteignent rapidement leur pH de saturation.

	Date	Température	D. H. T. en degrés	T. A. C. français	Sulfates en mg/l	pH	pH _S (3)	Résistivité en ohms/cm
<u>VILLARD-DE-LANS</u> Source du Fond de la May	20.12.65	7°	21,4	20,8	traces	7,3	7,38 eau inerte	3060

C - En dehors des bicarbonates de calcium, les eaux d'alimentation du massif du Vercors présentent exceptionnellement d'autres anions (chlorures, nitrates, sulfates, phosphates, etc.) en quantité appréciable.

- 1) la présence des nitrates et des chlorures peut être imputée le plus souvent à une pollution organique plutôt qu'à leur dissolution dans les terrains traversés, quand leur teneur dépasse 5 mg/l ;
- 2) la présence des sulfates dans certaines eaux, comme celles de la Rochetière à Saint-Nizier, des Arcelles à Seyssins, des Cotes à Sassenage, dont l'origine karstique est évidente, pourrait s'expliquer par la dissolution de pyrites dans les éboulis et par des accidents tectoniques locaux.

D - Variations saisonnières

Les trois analyses par an que nous effectuons, permettent d'étudier la variabilité dans la minéralisation d'une eau. En effet on peut dire qu'une eau dont l'analyse donne trois fois par an la même résistivité, est stable, au contraire qu'une eau dont les mêmes résultats sont très différents, est instable.

Ces valeurs sont insuffisantes pour étudier les variations saisonnières. On peut cependant noter pour certaines sources vauclusiennes (comme celle de Fontfroide à Choranche ou celle de la Grotte des Fées à Cagnin), que les valeurs les plus élevées de la résistivité correspondent au printemps (pluies et orages) ; que les valeurs les plus faibles de la résistivité correspondent à l'hiver (novembre à mars).

Ces variations semblent être sous l'influence des différents facteurs agissant sur les débits : les conditions météorologiques (importance des précipitations, température, etc.) et les conditions locales d'utilisation.

II. - CARACTERISTIQUES BACTERIOLOGIQUES

Une eau bactériologiquement pure est définie par l'absence de germes tests de contamination fécale dans l'échantillon analysé.

Lorsqu'une source, ou l'ensemble des sources réunies dans un captage, donnent une eau toujours bactériologiquement pure, on peut considérer qu'il s'agit d'une eau naturellement potable qu'il n'est pas nécessaire de traiter préalablement pour l'alimentation.

Par contre certaines eaux présentent toujours des signes de contamination fécale, d'autres d'une façon intermittente. En ce qui concerne ces dernières, on peut calculer le pourcentage de la contamination observée par rapport au nombre d'analyses effectuées durant une période donnée.

Toutes les eaux présentant, même épisodiquement, des signes de contamination fécale, peuvent être à l'origine de la transmission d'une maladie infectieuse. C'est pourquoi elles ne doivent pas être considérées comme naturellement potables et doivent subir une épuration bactériologique préalable.

Nous avons examiné les résultats d'analyses bactériologiques des eaux du Vercors portant sur une période de 10 ans environ : de 1958 à 1968 et nous avons classé les sources ou les réseaux en 4 catégories :

- 1re) les eaux naturellement pures - 0 % d'analyses décelant une contamination fécale ;
- 2e) les eaux rarement polluées jusqu'à 20 % ;
- 3e) les eaux fréquemment polluées de 20 à 50 % ;
- 4e) les eaux presque toujours polluées de 50 à 100 %.

Nous avons choisi 39 réseaux d'eaux d'alimentation, situés dans le massif ou dans les vallées qui les bordent, alimentés par une ou plusieurs sources (tableau VI).

Deux réseaux seulement peuvent être classés dans la première catégorie (Saint-Guillaume et le Guâ ; les Clois) ; encore peut-on coïncider l'origine karstique de la source des Clois d'après ses caractéristiques chimiques - on pourrait classer également dans cette catégorie la source de Fontchaude à Choranche qui a présenté deux fois une contamination sur 28 analyses, mais qui s'est avérée pure depuis 4 ans.

Dans la deuxième catégorie nous trouvons 11 réseaux soit environ 28 % ; dans la troisième 17, soit environ 43 % et 8 dans la quatrième, soit environ 20 %.

Cette statistique portant sur 855 analyses semble montrer, ce qui n'est pas nouveau d'ailleurs, que les eaux du karst sont systématiquement polluées bactériologiquement et que le fait d'être toujours pures doit être considéré comme une exception provisoire.

Cependant la plupart de ces eaux sont rarement polluées. En effet, les catégories 1 et 2 représentent tout de même 30 % des réseaux pour lesquels une analyse environ sur 5 seulement révèle la présence de quelques *Escherichia coli*. Ce sont le plus généralement, des eaux de montagne (Les Verneux à Autrans, les Neiges à Cognin, les sources de Méaudre, la Rochetière à Saint-Nizier du Moucherotte, les Arcelles à Seyssinet). La plupart d'entre elles proviennent de placages de moraines sur des marnes ou de couches conglomératiques de la molasse (source du Claret à Méaudre, d'après le rapport géologique de M. J. MORET en novembre 1929, la source des Verneux et de Bellecombe d'après le rapport de V. PIRAUD en avril 1936, la source de la Rochetière à Saint-Nizier, etc.).

Les eaux de la catégorie 3 sont généralement pures en hiver et au tout début du printemps lorsque les eaux de ruissellement de surface sont gelées.

Parmi les eaux de la catégorie 4, nous trouvons celles qui sont caractéristiques du réseau karstique comme la source du Germe des Caves de Sassenage (1) d'autres moins caractéristiques comme celles de Saint-Quentin et Saint-Pierre de Chérennes.

Origine de la pollution des eaux

La montagne constitue un réservoir naturel d'eau, grâce aux neiges, glace, pluies. Cette eau ne peut être que bactériologiquement pure si elle circule en dehors des sources de pollution. Mais dans le Vercors ces dernières sont nombreuses :

- les zones résidentielles de plus en plus nombreuses,
- l'élevage et la transhumance,
- l'établissement de stations touristiques de haute montagne, de chantiers (construction de barrage).

Des eaux captées dans les régions montagneuses sont généralement bactériologiquement pures, car les facteurs de contamination se révèlent pratiquement inexistantes ; par contre les eaux qui traversent les régions habitées sont susceptibles d'être contaminées.

Ainsi à Villard-de-Lans, au cours d'une étude pour l'alimentation en eau potable de la commune, réalisée en 1965 par la Société d'études pour le traitement et l'utilisation des eaux, les analyses bactériologiques ont montré que les sources des Eymards et de Charles Achille étaient pures.

Du fait de l'inclinaison des terrains, ces eaux captées sur le versant est du plateau, là où les habitations sont peu nombreuses ne peuvent être polluées. Par contre, les sources de la Goule Blanche, du Fond de la May et de Guichard, proches des habitations et des fermes présentaient en plein hiver 1965 des signes de contamination fécale.

En pays calcaire, la pollution des sources est d'autant plus grave qu'elle est définitive puisque l'eau n'est plus filtrée par les terrains, mais circule dans les fissures du calcaire.

La notion de contamination à grande distance des sources vaclusiennes, est classique. Le problème est aggravé par le fait que l'on est souvent incapable de délimiter le périmètre de protection nécessaire des sources, ne sachant d'où elles proviennent. Seuls les spéléologues pourraient apporter une réponse à ce problème, mais leur pénétration dans les galeries n'est pas sans provoquer des pollutions inattendues et n'est pas toujours possible.

Il faut admettre que les eaux circulant sous de puissants éboulis, sont, sans être filtrées, cependant protégées contre les pollutions superficielles. C'est ce que constatait V. PIRAUD en 1938 dans un rapport géologique concernant les sources du Roybon à Villard-de-Lans. Cependant cette protection est très vulnérable et dès que le débit des eaux augmente une nouvelle pollution est à craindre. Ce danger est accentué par des installations de captages souvent vétustes, à la protection insuffisante.

De nombreuses contaminations pourraient bien sûr être évitées par des aménagements plus importants, mais aussi plus coûteux, que les communes hésitent à entreprendre.

Il semble qu'il existe une séparation très nette de certains réseaux qui pourrait expliquer cette différence dans la qualité bactériologique et chimique des eaux captées au pied de la montagne et celles captées en montagne.

Une eau suffisamment protégée contre les pollutions humaines ou animales ne présente pas plus de signes de contamination fécale en pays karstique qu'ailleurs. Cependant la protection est ici plus difficile et doit faire l'objet de travaux de recherches plus longs et plus importants.

Actuellement, dans ces régions où la protection naturelle est malheureusement inexistante, on peut dire que les eaux bactériologiquement pures ne le sont que provisoirement. Elles sont en quelque sorte en "sursis" ; quand elles sont à leur tour polluées, il n'y a d'autre remède que le traitement. Bien plus, comme il est difficile de prévoir le moment où elles seront polluées, il serait sage de prévoir systématiquement une station d'épuration.

Nous souhaitons que l'hydrogéologue trouve ici quelques éléments intéressants et utiles pour l'étude du massif du Vercors. Nous sommes pour notre part persuadés que l'analyse chimique et bactériologique contribue d'une façon non négligeable à l'étude des réseaux karstiques.

En effet, la minéralisation et la contamination des eaux, dépendent de nombreux facteurs. Ce sont essentiellement :

- des facteurs géologiques : nature et structure des terrains traversés (calcaires durs, molasse, alluvions, éboulis, etc.) ;
- des facteurs géographiques : apport d'eaux agressives ou incrustantes par des affluents, présence de prairies ou de forêts ;
- des facteurs météorologiques : (température, précipitations, etc.) ;
- des facteurs chimiques : présence de gaz carbonique, aération ;
- des facteurs humains et sociaux : densité de populations humaine et animale, etc.

Des études approfondies de la qualité bactériologique et chimique des eaux qui tiendraient compte de ces différents paramètres permettraient une connaissance plus complète des réseaux karstiques, donc de l'origine des eaux. Il serait souhaitable également de pouvoir entreprendre une étude analytique portant sur des échantillons d'eau prélevés à l'intérieur du réseau karstique de manière à compléter nos connaissances qui ne concernent que les prélèvements superficiels.

BIBLIOGRAPHIE

1. - SERRA TOSIO (B.) - Sels minéraux dissous et densités des populations de Chironomides dans les cours d'eau de montagne. - Trav. Lab. Hydrobio Grenoble 59-60 - Années 1967-68 (à paraître).
2. - SEIGNEURIN (R.), MICHEL-MARGUERIT (P.), MAGNIN (R.) - Surveillance bactériologique des eaux d'alimentation. - Revue d'Hygiène et de Médecine Sociale, 1956, 4, 183-192.
3. - GIRARD (R.), Paris 1967. - Méthode d'étude d'une eau naturelle à partir de son analyse. L'eau n° 5 et 6, 199-206 ; 267-272.
4. - Recueil des textes officiels intéressant la Santé Publique et la Population. - Fascicule spécial n° 62 - 31 bis "Eaux d'alimentation" (Journaux Officiels)

TABLEAU V

COMMUNES	Date	Résistivité en ohms/cm	Température	D.H.T. en degrés	T. A. C. français	Chlorures en mg/l	Sulfates en mg/l
AUTRANS							
L'Achard les Ronins	<u>21.10.68</u>	2215	10°	<u>26.8</u>	<u>26.8</u>	4	1
L'Ebertière	"	2925	11°	<u>19.2</u>	<u>19.2</u>	4	3
Bellecombe	"	3110	10°5	<u>18.6</u>	<u>18.3</u>	4	2
Les Verneux	"	2145	7°	<u>28.6</u>	<u>27.9</u>	3.5	1
AUBERIVES EN ROYANS							
Réseau	<u>15.10.68</u>	2385	14°	<u>24.8</u>	<u>22.9</u>	7	4
Saint-Romans	"	2615	15°	<u>23.0</u>	<u>21.9</u>	4.5	4
COGNIN LES GORGES							
Les Neiges	<u>30.9.68</u>	3680	10°	<u>23.6</u>	<u>23.0</u>	3.5	3
CHATEAU-BERNARD							
Réseau	<u>11.6.68</u>	3890	6°	<u>14.4</u>	<u>13.8</u>	3.5	4.5
CHATELUS							
Saint-Martin	<u>15.10.68</u>	2415	12°	<u>25.2</u>	<u>23.1</u>	4	17
Le Vézor	"	3480	12°5	<u>16.0</u>	<u>14.8</u>	4.5	6.5
CHORANCHES							
Fontchaude	<u>15.10.68</u>	2680	10°	<u>21.8</u>	<u>21.5</u>	4	2
ENGINs							
Réseau	<u>21.10.68</u>	2615	10°	<u>23.2</u>	<u>22.9</u>	3.5	1
LE GUA							
Les Saillants (champs)	<u>2.10.68</u>	3055	9°	<u>20.2</u>	<u>19.5</u>	5	4
Prélenfrey	<u>8.2.68</u>	2520	4°	<u>24.4</u>	<u>23.5</u>	5	7
Saint-Bartélémy	<u>23.10.67</u>	3330	10°	<u>18.0</u>	<u>17.4</u>	4.5	5.5
Les Clots	"	2270	11°	<u>27.0</u>	<u>24.0</u>	6	30
IZERON							
Grotte des Fées	<u>15.10.68</u>	2440		<u>24.8</u>	<u>23.9</u>	5	3
LANS							
Réseau	<u>21.10.68</u>	3590		<u>15.8</u>	<u>15.7</u>	3.5	1
Le Peuil	<u>14.11.67</u>	3820	9°	<u>16.0</u>	<u>15.2</u>	4	3
MALLEVAL							
Réseau	<u>4. 3.68</u>	3350	5°5	<u>17.8</u>	<u>16.9</u>	2.5	6.5
MEAUDRE							
Briant Claret	<u>19. 6.68</u>	3420	6°	<u>17.0</u>	<u>16.7</u>	2.5	3
Combe Saint-Antoine	<u>19. 6.68</u>	3220	10°	<u>18.4</u>	<u>17.7</u>	4	3

.../...

TABLEAU V (suite)

COMMUNES	Date	Résistivité en ohms/cm	Température	D.H.T. en degrés	T.A.C français	Chlorures en mg/l	Sulfates en mg/l
NOYAREY							
Ezy	<u>13.9.68</u>	3870	5°	<u>15.2</u>	<u>13.3</u>	<u>3.7</u>	9
La Touvière	<u>19.9.68</u>	3110	7°	<u>19.6</u>	<u>18.5</u>	<u>3.5</u>	<u>6.5</u>
PONT-EN-ROYANS							
Réseau	<u>15.10.68</u>	2455	13°	<u>24.6</u>	<u>24.2</u>	4	3
RENCUREL							
Réseau	<u>15.10.68</u>	2975	12°5	<u>19.8</u>	<u>19.1</u>	<u>4.5</u>	<u>4.5</u>
La Balme	"	2950	13°	<u>20.2</u>	<u>20.0</u>	<u>3.5</u>	2
SAINT-ANDEOL							
Source Terrier	<u>11.6.68</u>	3820	5°	<u>14.8</u>	<u>14.5</u>	3	<u>1.5</u>
SAINT-GUILLAUME							
Réseau	<u>11.6.68</u>	3485	10°	<u>16.0</u>	<u>15.3</u>	3	<u>6.5</u>
SAINT-NIZIER							
Rochetière	<u>19.6.68</u>	2550	7°	<u>22.0</u>	<u>19.0</u>	<u>18.5</u>	12
Réseau	<u>14.11.67</u>	2775	10°	<u>20.6</u>	<u>19.4</u>	7	7
SAINT-QUENTIN							
Gauchon	<u>11.9.68</u>	2680	7°	<u>22.4</u>	<u>21.9</u>	4	4
SAINT-PIERRE DE CHERENNES							
La Mortadière	<u>15.10.68</u>	2120	14°5	<u>28.8</u>	<u>27.4</u>	4	13
SAINT-ROMANS							
Réseau	<u>15.10.68</u>	2010	13°	<u>30.4</u>	<u>28.7</u>	<u>6.5</u>	4
SEYSSINET							
Les Arcelles	<u>21.2.68</u>	2950	8°5	<u>19.6</u>	<u>14.7</u>	3	33
SASSENAGE							
Les Côtes	<u>21.2.68</u>	3000	9°	<u>20.8</u>	<u>19.7</u>	12	5
Les Cuves	"	3205	8°5	<u>19.0</u>	<u>17.0</u>	6	<u>5.5</u>
VEUREY							
Eygale + Mortière	<u>19.9.68</u>	2550	7°	<u>24.2</u>	<u>23.6</u>	3	5
VIF							
Champa	<u>2.10.68</u>	2615	8°	<u>19.9</u>	<u>19.9</u>	5	7
VILLARD-DE-LANS							
Réseau	<u>21.10.68</u>	3320		<u>17.4</u>	<u>17.0</u>	4	1

TABLEAU VI

COMMUNES source ou réservoir	Nombre de sources captées	Nbre d'analyses effectuées de 1958 à 1968	Réactivité moyenne	Eaux toujours bactériologiquement pures I	Eaux bactériolo- giquement pures dans 80 % des cas II	Eaux exception- nellement contaminées III	Eaux toujours contaminées IV
AUTRANS							
L'Achard	7	24	{ 2500 }			x	
Bellecombe	3	16	{ 3100 }			x	
Les Verneux	5	18	2140		x		
AUBERIVES EN ROYANS							
Réseau	1	28	2400		x		
Saint-Romans	1	16	2600			x	
COGNIN LES GORGES							
Source des Neiges	1	22	3000		x		
CHATEAU BERNARD							
Réseau	1	28	3900			x	
CHATELUS							
Saint-Martin	1	22	2400			x	
Le Vézor	1	23	3000			x	
CHORANCHES							
Fontchaude	1	28	3100	x			
ENGËNS							
Réseau	4	17	2800			x	
LE GUA							
Les Saillants	1	19	3000				x
Prélenfrey	3	21	2500				x
Saint-Barthélémy	2	18	3000				x (100%)
Les Clots	1	15	2200	x			
IZERON							
Grotte des Fées	1	29	2600			x	
LANS							
Réseau	3	17	3600			x	
Le Peuil	1	27	3900			x	
MALLEVAL							
Réseau	1	21	3300				x
MEAUDRE							
Briant - Le Claret		17	3000		x		
Combe Saint-Antoine		14	3200		x		

TABLEAU VI (suite)

COMMUNES source ou réservoir	Nombre de sources captées	Nbre d'analyses effectuées de 1958 à 1968	Résistivité moyenne	Eaux toujours bactériologiquement pures I	Eaux bactériolo- giquement pures dans 80 % des cas II	Eaux exception- nellement contaminées III	Eaux toujours contaminées IV
NOYAREY							
Ezy	1	16	3800		x		
La Touvière	1	28	3000		x		
PONT EN ROYANS							
Réseau	1	24	2600			x	
RENCUREL							
Réseau	1	16	3000			x	
La Balme	1	29	3000			x	
SAINT-ANDEOL							
Source Terrier	1	28	4000		x		
SAINT-GUILLAUME							
Réseau	1	17	3400	x			
SAINT-NIZIER							
Rochetière	1	30	2600		x		
Réseau	1	30	2900		x		
SAINT-QUENTIN							
Gauchon	1	16	2900				x (100%)
St-PIERRE DE CHERENNES							
La Mortadière	1	18	2400				x (100%)
SAINT-ROMANS							
Réseau	2	20	2400				x
SEYSSINET							
Les Arcelles	1	21	3000		x		
SASSENAGE							
Les Côtes	1	27	3000				x
Les Cuves le Germe	1	20	3300			x	
VEUREY							
Eygalein + Mortière	2	19	3000			x	
VIF							
Champa	1	24	3000			x	
VILLARD DE LANS							
Réseau	9	32	3800			x	
TOTAUX = 39		855		3	11	17	8
% = 100 %				9 %	28 %	43 %	20 %

10
13
41
Intervention de Monsieur CORBEL (au sujet de la communication de M. CHOUTEAU)

Deux demandes d'information : pour le pH, mesure de terrain ou de laboratoire ?
les courbes d'équilibre pH, T.A.C. sont-elles utilisées pour la notion d'agressivité ?

Deux compléments : la variation des teneurs avec les débits est très importante,
la plus grande partie de la mise en solution du calcaire se fait dans la zone sub-superficielle.

Réponse de M. CHOUTEAU à M. CORBEL.

Les analyses de contrôle (type II) ne nous permettent pas d'étudier l'agressivité selon les graphiques de Langelier le pH de ces eaux est mesuré au laboratoire.

Pour les analyses plus complètes (type I) nous mesurons le pH sur place, puis au laboratoire après séjour de l'eau sur du marbre (CO_3Ca). Nous calculons aussi le pH de saturation grâce au graphique de Langelier.

Stanford University Libraries



3 6105 006 258 615

250.6
G827m
no. 7-8
Bran.

DATE DUE

--	--

~~NON~~-CIRCULATING

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
STANFORD, CALIFORNIA
94305

